

# ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

---

DOI 10.15593/2409-5125/2018.04.07

УДК 67.08

**О.И. Сергиенко, Е.С. Смазнова, Д.В. Разумова**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Рассматривается возможность оценки текущего уровня циркулярности, т.е. замкнутости потоков ресурсов и восстановительного характера обращения с отходами производства и потребления на примере Новгородской области.

Выполненный анализ доступных данных по обращению с отходами показывает, что в настоящее время можно предложить базовый (минимальный) набор индикаторов для разработки территориальной схемы обращения с отходами с учетом особенностей социально-экономического развития региона. Традиционно в нашей стране учет в системе обращения с отходами ведется по показателям образования, размещения, обезвреживания и утилизации отходов по их видам, классам опасности и территориям в абсолютном выражении в единицах массы и в процентах к общему образованию. Для возможности сопоставления данных на уровне отдельных регионов и на международном уровне предлагается применить набор индикаторов, относящихся на единицу валового внутреннего продукта на душу населения. Для Новгородской области выполнен расчет индикаторов образования отходов, включая промышленные и твердые отходы, и индикаторов утилизации отходов за период с 2006 по 2016 гг. Несмотря на снижение численности населения за указанный период и снижение ВВП в кризисные периоды 2008 и 2012 г. наблюдается рост образования отходов, что свидетельствует о линейной модели экономического развития региона. Однако индикатор утилизации в целом за период вырос на 26,62 % за счет инициатив компаний по переработке промышленных отходов.

Для определения уровня циркулярности региона или территории, т.е. определения того, насколько эффективно потоки отходов возвращаются в начало цепочки создания продукции, целесообразно дополнить традиционный учет данными о получении вторичных материальных ресурсов и энергии из отходов по их видам и источникам образования, о возврате в цепочку создания продукции, в том числе к исходному производителю, и о возникающих при этом потерях ресурсов. В этом

---

Сергиенко О.И., Смазнова Е.С., Разумова Д.В. Определение базовых индикаторов для разработки территориальной схемы обращения с отходами // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 4. – С. 80–92. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.07

Sergienko O., Smaznova E., Razumova D. Determination of basic indicators for the development of a territorial scheme of waste management. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 4. Pp. 82-92. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.04.07

случае базовый индикатор утилизации отходов можно будет детализировать с определением уровня циркулярности отдельных потоков отходов и эффективности процессов утилизации.

При разработке территориальной схемы обращения с отходами необходимо идентифицировать наилучшие доступные технологии (НДТ), опираясь на методические подходы и информационно-справочные документы, разработанные в российском Бюро НДТ. В частности, для Новгородской области в качестве приоритетных рассмотрены НДТ по автоматической сортировке твердых коммунальных отходов, получению топлива RDF, переработке древесных отходов с получением биоугля и переработке резиновых шин и покрышек. Внедрение данных НДТ за период до 2020 г. позволит получить существенный экономический эффект за счет реализации товарной продукции, уменьшить захоронение отходов и увеличить уровень индикатора утилизации отходов на 3,5 % в год.

**Ключевые слова:** обращение с отходами, промышленные отходы, твердые коммунальные отходы, утилизация, рециклинг, уровень циркулярности, индикаторы, циркулярная экономика, наилучшие доступные технологии.

Оценка текущего уровня циркулярности, т.е. замкнутости потоков ресурсов и восстановительного характера обращения с отходами производства и потребления, в настоящее время рассматривается как надежный инструмент, позволяющий определить уровень устойчивости экономического развития того или иного региона и сопоставить его с другими регионами или странами. Такая оценка позволяет также найти направления для дальнейшего повышения уровня циркулярности, что является весьма актуальной задачей в современных условиях для России, где доля перерабатываемых отходов остается достаточно низкой.

Согласно ФЗ № 458 от 29.12.2014 г. в систему обращения с отходами внесены существенные изменения, все полномочия по разработке территориальных схем обращения с отходами передаются региональным операторам, которые должны разрабатывать соответствующие инициативы с приоритизацией таких мер, которые в наибольшей степени будут способствовать повышению уровня циркулярности экономики региона.

В данной работе исследуется ситуация в сфере отходов в Новгородской области и возможности ее улучшения при внедрении наилучших доступных технологий (НДТ). Целью работы является оценка уровня циркулярности территориальной схемы обращения с отходами в Новгородской области, а также выявление мер по развитию данной территориальной схемы и получение прогнозной оценки для региона [1]. При этом под уровнем циркулярности подразумевается то, насколько эффективно потоки отходов возвращаются в начало цепочки создания продукции. Оценка только доли утилизации промышленных отходов (ПО) и твердых коммунальных отходов (ТКО) не позволяет оценить эффективность возврата потоков отходов в цикл. Возврат в виде вторичного сырья или в виде энергии – это разная эффективность возврата, и не вполне корректно называть процент утилизации отходов (даже приведенный на показатель ВВП на душу населения) индикатором циркулярности.

Усиливающееся загрязнение окружающей среды различными отходами, рост площадей, занимаемых полигонами производственных и бытовых отходов, а также неорганизованными свалками, подтолкнули бизнес, политиков и научное сообщество к рассмотрению модели циркулярной экономики. Циркулярная экономика – это глобальная экономическая модель, которая отделяет экономический рост и развитие от потребления конечных ресурсов. Она является восстановительной по своему характеру и стремится к производству продуктов, компонентов и материалов на уровне высочайшей полезности и ценности. Суть циркулярной экономики будущего заключается в том, что почти все виды отходов будут подвергаться вторичной переработке, обеспечивая получение вторичных материальных ресурсов и энергии, а также постепенное приближение к «нулевому» размещению отходов на полигонах [2].

Уровень циркулярности показывает, насколько эффективно потоки отходов возвращаются в начало цепочки создания продукции как вторичные сырьевые ресурсы. Теоретическая основа реализуемой сегодня на практике модели циркулярной экономики была представлена фондом Ellen MacArthur (рис. 1) [3].



Рис. 1. Модель циркулярной экономики, Ellen MacArthur Foundation, 2015

Как следует из этой модели, циркулярная экономика может развиваться на основе разнообразных подходов в промышленности и сельском хозяйстве с учетом создания замкнутых цепей поставок [4]. В ее рамках, применительно к промышленности, последовательно интегрируются следующие процессы: разработка месторождений полезных ископаемых, за-

готовка и переработка природного сырья, производство комплектующих, промежуточной и конечной продукции, ее транспортировка и сбыт, потребление, а также сбор отслуживших изделий и выполнение последующих восстановительных операций [3].

В промышленности в соответствии с этой моделью замкнутые цепи поставок формируются за счет следующих подходов: 1) эффективное техническое обслуживание, 2) повторное использование отходов с получением новой продукции и 3) восстановительный ремонт продукции и/или восстановление отдельных компонентов с возвратом в производство.

Основные принципы циркулярной экономики заключаются в необходимости сохранить и приумножить природный капитал, при этом следует оптимизировать эффективность использования ресурсов, выявления и снижения отрицательных экстерналий [5].

В литературе приводятся разные подходы к оценке индикаторов циркулярности отрасли или региона, отдельных продуктов и материалов [4, 6, 7]. В настоящей статье предлагается оценивать уровень циркулярности системы обращения с отходами Новгородской области с помощью базового (минимального) набора, который охватывает следующие ключевые моменты: образование всех отходов, в том числе промышленных отходов и твердых коммунальных отходов, их утилизация. Данный набор применяется в странах ЕС, в том числе в Дании, которая считается одним из лидеров по уровню циркулярности, и является традиционным для нашей страны (рис. 2).

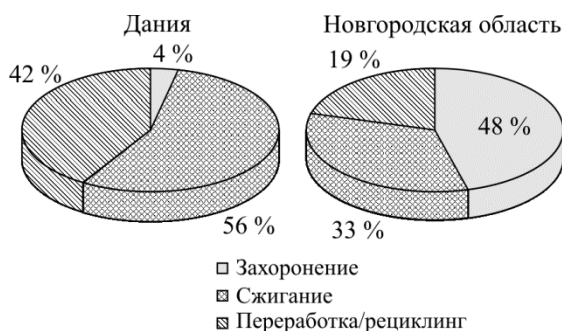


Рис. 2. Обращение с отходами в Дании и Новгородской области в 2016 г.

Как видно из рис. 2, в 2016 г. в Дании на переработку направлялось 42 %, на сжигание с утилизацией энергии – 56 %, на захоронение – только 4 % отходов [7].

По данным Росприроднадзора и Департамента природных ресурсов по Новгородской области, образование отходов по классам опасности за период 2006–2016 гг. показано на рис. 3 [8].

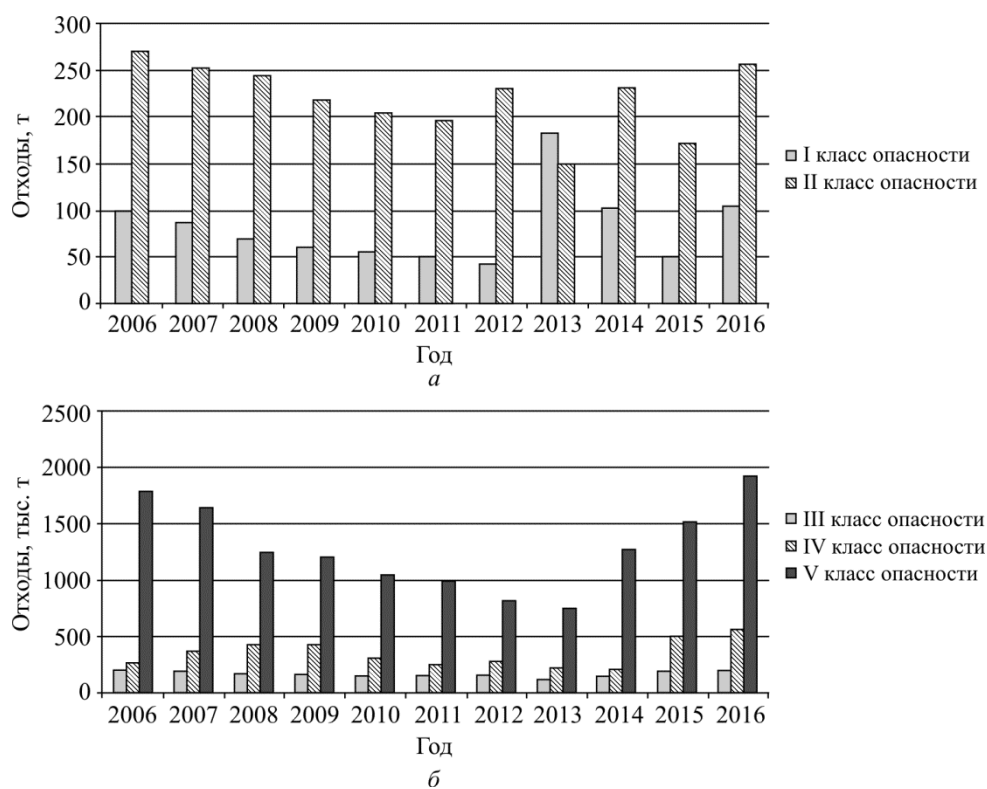


Рис. 3. Образование отходов по классам опасности за период 2006–2016 гг., по данным Росприроднадзора (а) и департамента природных ресурсов по Новгородской области (б)

Целесообразно рассмотреть образование отходов с учетом особенностей социально-экономического развития региона (рис. 4).

Для оценки уровня циркулярности предлагается рассчитывать следующие базовые индикаторы: образование отходов, образование промышленных отходов, образование ТКО и утилизация (рециклинг) отходов. Индикатор образования отходов

$$CL_n = \frac{M_n}{\text{Ч}_{\text{нас}} \cdot \text{ВВП}},$$

где  $n = 1 \dots 4$ : 1 – текущее образование отходов, 2 – текущее образование промышленных отходов (ПО), 3 – текущее образование ТКО, 4 – переработка и повторное использование отходов;  $M_n$  – масса образованных отходов, т/год;  $\text{Ч}_{\text{нас}}$  – численность населения, чел./год; ВВП – валовый внутренний продукт, млн руб./год.

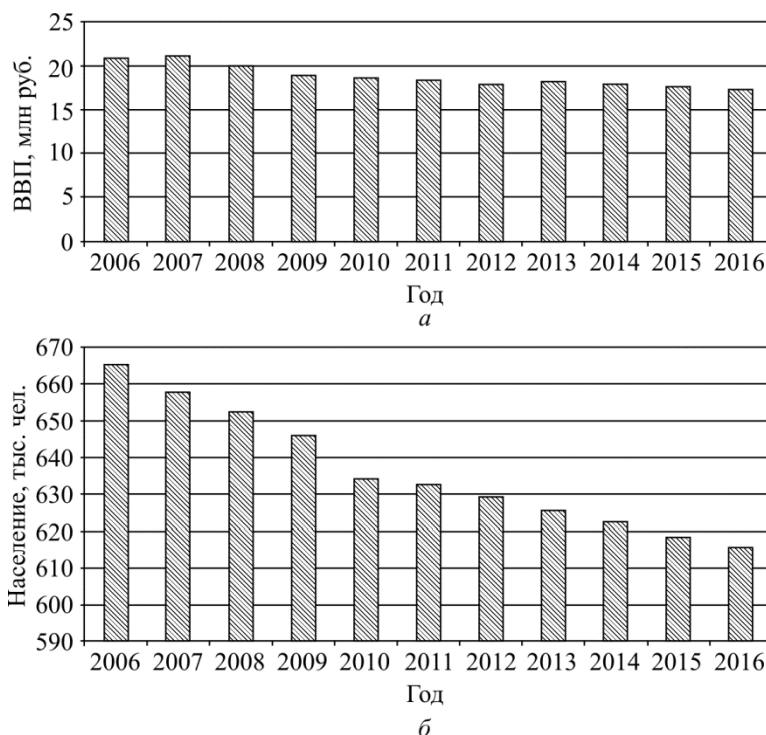


Рис. 4. Социально-экономические характеристики региона Новгородской области: *а* – ВВП; *б* – численность населения

Выбор данного набора индикаторов определяется доступностью достоверной информации, в дальнейшем показатель должен быть дополнен индикаторами утилизации по отдельным видам промышленных отходов и ТКО. При этом индикатор циркулярности системы обращения с отходами должен определяться с учетом потерь материальных ресурсов при получении и возврате в цепочку создания продукции как вторичных материальных ресурсов, так и энергии.

В табл. 1 приведены данные Росприроднадзора и Департамента природных ресурсов по Новгородской области для расчета базового набора индикаторов обращения с отходами [1].

Результаты расчетов (рис. 5) показали, что индикаторы образования отходов, промышленных отходов и ТКО за последние десять лет возросли в 1,75; 1,7 и 1,56 раз соответственно. Уровень индикатора утилизации отходов вырос в 2,5 раза, что подтверждает вывод о существенной роли предприятий Новгородской области в переработке промышленных отходов, составляющих 55–61 % от общего образования отходов. Обращение с муниципальными отходами характеризуется более низкими показателями: при снижении

доли ТКО за рассматриваемый период с 28 до 26 % от общего образования отходов индикатор образования ТКО вырос менее значительно.

Таблица 1

Образование отходов в Новгородской области в 2006–2016 гг.

Год	ВВП, млн руб.	Численность населения, чел.	Всего отходов, т	ПО, т	ТКО, т	Рециклинг отходов, т
2006	21,0	665 365	2 250 748,324	1 358 594,071 (60,36 %)	627 139,256 (27,86 %)	265 014,997 (11,78 %)
2007	21,2	657 595	2 194 384,133	1 274 095,439 (58,06 %)	734 512,017 (33,47 %)	185 776,677 (8,47 %)
2008	20,1	652 437	1 842 729,157	1 010 217,011 (54,82 %)	621 230,132 (33,71 %)	211 282,014 (11,47 %)
2009	19,0	645 986	1 798 646,059	1 000 946,427 (55,65 %)	546 194,018 (30,37 %)	251 505,614 (13,98 %)
2010	18,7	634 111	1 506 342,147	994 581,213 (66,03 %)	361 801,522 (24,02 %)	149 959,415 (9,95 %)
2011	18,5	632 799	1 401 435,348	974 931,113 (69,57 %)	304 411,097 (21,72 %)	122 093,144 (8,71 %)
2012	18,0	629 748	1 252 174,758	980 452,836 (78,30 %)	162 883,490 (13,01 %)	108 838,432 (8,69 %)
2013	18,3	625 855	1 085 617,043	719 153,638 (66,24 %)	278 516,784 (25,66 %)	87 946,621 (8,10 %)
2014	18,1	622 430	1 629 502,617	843 519,611 (51,77 %)	597 741,485 (36,68 %)	188 241,521 (11,55 %)
2015	17,8	618 703	2 199 254,773	974 916,855 (44,33 %)	750 862,791 (34,14 %)	473 475,129 (21,53 %)
2016	17,4	615 692	2 689 220,569	1 485 887,911 (55,26 %)	697 419,614 (25,93 %)	505 913,046 (18,81 %)

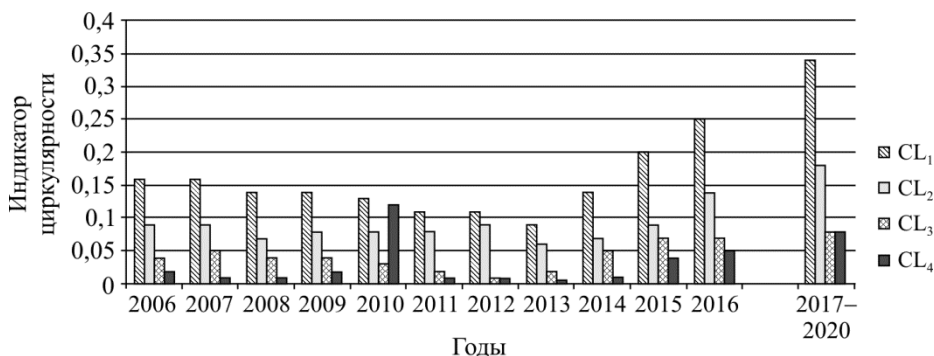


Рис. 5. Результаты расчета индикатора циркулярности системы обращения с отходами в Новгородской области: CL<sub>1</sub> – индикатор образования отходов; CL<sub>2</sub> – индикатор образования промышленных отходов (ПО); CL<sub>3</sub> – индикатор образования ТКО; CL<sub>4</sub> – индикатор утилизации (рециклинга) отходов (ПО)

За рассмотренный период 2006–2016 гг. в Новгородской области наблюдается снижение численности населения на 7,48 %, снижение объема ВВП на 17,14 % и рост образования отходов на 48,56 % [8]. Однако одновременно наблюдается и существенный рост, на 26,62 %, утилизации и рекуперации отходов, что связано с инициативами компаний по переработке промышленных отходов.

Территориальная схема обращения с отходами в Новгородской области в настоящее время находится в стадии разработки. При внедрении мероприятий по сортировке и переработке ТКО, указанных в перечнях НДТ в справочниках ИТС-15 «Утилизация и обезвреживание отходов» и ИТС-9 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)», можно обеспечить постепенное повышение уровня утилизации (рециклинга) и получение значительных экономических результатов [9, 10].

Вопросы выбора НДТ при разработке территориальной схемы обращения с отходами требуют отдельного рассмотрения с учетом методических подходов к идентификации, основанных на европейском опыте [11] и приведенных в ГОСТ Р 56828.32–2017 «Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Методологии идентификации».

С учетом особенностей местных условий в качестве приоритетных были рассмотрены следующие НДТ: автоматическая сортировка ТКО на полигоне; получение топлива RDF путем дробления, сепарации, сушки и брикетирования ТКО; переработка отходов резинотехнических изделий (РТИ) и древесных отходов с получением биоугля (табл. 2).

В расчетах экономической эффективности в качестве показателей были рассмотрены капитальные и эксплуатационные затраты, доходы от реализации конечной продукции, полученной при внедрении НДТ по переработке отходов в Новгородской области.

В составе эксплуатационных затрат учитывали затраты на оплату труда персонала, природный газ и электроэнергию. При расчете эксплуатационных затрат принимали тариф за электроэнергию 5 руб./кВт·ч; затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования – 10 % от стоимости оборудования.

Капитальные затраты принимали по данным поставщиков с учетом затрат на транспортировку, установку и монтаж оборудования [12–15].

Рентабельность внедряемых проектов рассчитывали по формуле

$$P = \frac{D - Z_{\text{экс}}}{K_3} 100 \%,$$

где  $D$  – доходы от реализации конечного продукта, тыс. руб.;  $Z_{\text{экс}}$  – эксплуатационные затраты, тыс. руб.;  $K_3$  – капитальные затраты, тыс. руб.



Таблица 2

**Экономические показатели при внедрении НДТ в территориальной  
схеме обращения с отходами в Новгородской области**

Наименование НДТ	Принцип действия (производительность, т/год)	Капитальные затраты, тыс. руб.	Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	Доходы от реализации, тыс. руб./год	Рентабельность, %
Автоматическая сортировка ТКО (на полигоне)	Сенсорная сортировка (400 000)	180 000	47 650	Бумага – 84 400 Стекло – 27 600 Пластик – 72 700 Древесина – 36 900	96
Получение топлива RDF (брикеты)	Получение топлива путем дробления ТКО, сепарации, сушки и брикетирования (100 000)	90 300	3970	Брикеты – 65 150	68
Переработка отходов РТИ	Переработка отходов РТИ с помощью дробления (300 000)	10 100	1460	Крошка – 5600	41
Получение биоугля	Переработка древесины на основе пиролиза (12 000)	300 950	12 400	Биоуголь – 225 900	71

Полученные результаты показывают, что проекты, обеспечивающие получение конечного продукта с более высокой добавленной ценностью, являются наиболее рентабельными. К ним можно отнести получение биоугля и автоматическую сортировку отходов при условии высокого качества полученных фракций и допущении о полной реализации товарных продуктов.

Внедрение рассмотренных НДТ по переработке отходов при прогнозируемом снижении численности населения и ВВП, а также сохраняющегося темпа образования отходов позволит снизить размещение отходов на 1,7 % и увеличит уровень рециклинга на 3,5 % в год.

При внедрении НДТ размещение ТКО на полигоне будет снижаться, а уровень индикатора утилизации (рециклинга) – повышаться. Приведем спрогнозированные базовые индикаторы системы обращения с отходами при внедрении НДТ в 2017–2020 гг.:

ВВП, млн руб.	Численность населения, чел.	Всего отходов, т	ПО, т	ТКО, т	Рециклинг отходов, т
17,1	598 378	3 479 186,365	1 859 625,112 (53,45 %)	844 746,449 (24,28 %)	774 814,803 (22,27 %)

Результаты прогнозного расчета индикаторов циркулярности на 2017–2020 гг. показаны на рис. 5. Реализация планируемых в рамках территориальной схемы проектов по внедрению НДТ позволит увеличить уровень индикатора утилизации в 1,5 раза за счет улучшения сортировки и переработки ТКО.

В дальнейшем предлагается оценить влияние разработки и внедрения территориальной схемы обращения с отходами Новгородской области при утилизации энергии из отходов.

На данном этапе актуальна организация сбора данных о количестве промышленных и твердых коммунальных отходов по видам в разрезе категорий образателей отходов и территорий, что позволит определить необходимые объекты обработки и размещения отходов и места их строительства, а также решить вопросы о выборе НДТ и развитии производств по переработке отходов.

При разработке территориальной схемы обращения с отходами для оценки эффективности внедряемых НДТ целесообразно расширить перечень сведений по обращению с отходами. Необходимо вести отдельный учет промышленных отходов и ТКО по классам опасности и видам с учетом способов их утилизации. При получении вторичных материальных ресурсов и энергии из отходов необходимо учитывать уровень их возврата в цепочку создания продукции, в том числе к исходному производителю, и возникающие при этом потери ресурсов. В этом случае базовый индикатор утилизации отходов можно будет детализировать с определением уровня циркулярности потоков отходов и эффективности процессов утилизации.

#### Библиографический список

1. Территориальная схема обращения с отходами Новгородской области 2016 // Сайт Департамента природных ресурсов и экологии Новгородской области. – URL: <http://novohotkom.natm.ru/> (дата обращения: 19.11.2017).
2. Основы теории эко-эффективности: монография / под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона; СПбГУНиПТ. – СПб., 2004. – 223 с.
3. Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers, 2015, P. 176. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf) (дата обращения: 19.02.2018).
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета экономика. – 2017. – Т. 33, вып. 2. – С. 244–268.
5. Бугаян С.А. Утилизация твердо-бытовых отходов: зарубежный и отечественный опыт // Наука и образование: хозяйство и экономика, предпринимательство, право и управление. – 2015. – № 7. – 115 с.
6. Ресурсоэффективность и утилизация отходов [Электронный ресурс] // Bankwatch. – URL: <http://bankwatch.org/ru/our-work/our-themes/resource-efficiency> (дата обращения: 11.03.2018).

7. Circularity Indicators. Methodology, 2015, P. 98 [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators\\_Project-Overview\\_May2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf) (дата обращения: 12.03.2018).

8. Пояснительная записка о выполнении государственной программы Новгородской области [Электронный ресурс] // Сайт Росприроднадзора по Новгородской области. URL: <http://rpn.gov.ru/> (дата обращения: 19.02.2018).

9. Справочник НДТ ИТС-15–2016. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200143229> (дата обращения: 19.02.2018).

10. Справочник НДТ ИТС-9–2015. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200128669> (дата обращения 19.02.2018).

11. Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Методологии оценки наилучших доступных технологий в аспектах их комплексного воздействия на окружающую среду и экономической целесообразности их внедрения. Июль 2006 г.» (European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. July 2006) [Электронный ресурс]. – URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm\\_bref\\_0706.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm_bref_0706.pdf) (дата обращения: 01.05.2018).

12. Оборудование автоматической сортировки ТКО [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ecorosstroy.ru/Autosort/> (дата обращения: 09.03.2018).

13. Оборудование переработки ТБО в топливо RDF [Электронный ресурс] // НЕТМУС. – URL: <http://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy/pererabotka-tbo-v-rdf/pererabotka-tbo-v-toplivo-rdf/> (дата обращения: 07.03.2018).

14. Оборудование переработки отходов РТИ [Электронный ресурс] // Альфа-СПК. – URL: <http://alfaspk.ru/ustanovka-po-pererabotke-shin-atr300> (дата обращения: 07.03.2018).

15. Оборудование для получения биоугля [Электронный ресурс] // ИПЕС. – URL: <https://ipes.ru/equipments/ustanovka-termicheskoy-destrukcii-utd-2-2000> (дата обращения: 10.03.2018).

## References

1. Territorial scheme of waste management of the Novgorod region in 2016 [Electronic resource]. The site of the Department of Natural Resources and Ecology of the Novgorod Region, available at: <http://novohotkom.natm.ru> (accessed 19 November 2017).

2. Fundamentals of the theory of eco-efficiency: Monograph. Under scientific. Ed. O. Sergienko, H. Ron. SPb.: SPbGUNIPT, 2004. 223p.

3. Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers, 2015, pp. 176, available at: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf) (accessed 19 February 2018).

4. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. Transition to a circular economy and closed supply chains as a factor of sustainable development. *Bulletin of the St. Petersburg University of Economics*. 2017, vol. 33, iss. 2.

5. Bugayan S.A. Utilization of Solid Waste: Foreign and Domestic Experience / S.A. Bugayan. Science and education: economy and economics, entrepreneurship, law and management. 2015, no. 7, 115 p.

6. Resource efficiency and waste utilization. Bankwatch, available at: <http://bankwatch.org/ru/our-work/our-themes/resource-efficiency> (accessed 11 March 2018).

7. Circularity Indicators. Methodology, 2015, p. 98, available at: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators\\_Project-Overview\\_May2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf) (accessed 12 March 2018).

8. Explanatory note on the implementation of the state program of the Novgorod region // Site of Rosprirodnadzor for the Novgorod region, available at: <http://rpn.gov.ru/> (accessed 19 February 2018).

9. Reference book of NTD ITS-15-2016 Utilization and disposal of waste (except for thermal treatment (incineration of waste), available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200143229> (accessed 19 February 2018).

10. Handbook of BAT ITS-9-2015 Disposal of waste by thermal method (incineration of waste), available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200128669> (accessed 19 February 2018).

11. Best available technique reference document («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. July 2006»), available at: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm\\_bref\\_0706.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm_bref_0706.pdf) (accessed 01 May 2018).

12. Automatic TKO sorting equipment. [Electronic resource]. URL: <http://www.ecorosstroy.ru/Autosort/> (accessed 09 March 2018).

13. Equipment for processing of solid waste into fuel RDF, available at: <http://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy/pererabotka-tbo-v-rdf/pererabotka-tbo-v-toplivo-rdf/> (accessed 07 March 2018).

14. Equipment for recycling of rubber waste, available at: <http://alfaspk.ru/ustanovka-po-pererabotke-shin-atr300> (accessed 07 March 2018).

15. Equipment for obtaining biochar, available at: <https://i-pec.ru/equipments/ustanovka-termicheskoy-destrukcii-utd-2-2000> (accessed 10 March 2018).

Получено 11.04.18

**O. Sergienko, E. Smaznova, D. Razumova**

## **DETERMINATION OF BASIC INDICATORS FOR THE DEVELOPMENT OF A TERRITORIAL SCHEME OF WASTE MANAGEMENT**

In the article the possibility of estimating the current level of circularity, i.e. the closeness of the flows of resources and the recovery character of the treatment of industrial and consumption waste by the example of the Novgorod region is analyzed.

The performed analysis of available data on waste management shows that at the present time it is possible to propose a basic (minimum) set of indicators for the development of a territorial waste management scheme, taking into account the peculiarities of social-economic development of the region. Traditionally in our country, waste management is accounted for by indicators of the generation, disposal, decontamination and utilization of waste by types, hazard classes and territories in absolute terms of mass and as a percentage of total amount. In order to be able to compare the data at the level of individual regions and at the international level, it is suggested to apply a set of indicators per unit of gross domestic product (GDP) per capita.

For the Novgorod region, the calculation of waste generation indicators, including industrial and municipal solid waste, and indicators of waste utilization for the period from 2006 to 2016 has been performed. Despite the decline in the population and in GDP during the crisis periods of 2008 and 2012, in the indicated period there is an increase in waste generation, which indicates a linear model of the region's economic development. However, in general, during the period, the proposed utilization indicator increased by 26.62 % due to initiatives of companies for processing industrial waste.

To determine the level of circularity of a region or territory, i.e. determining how efficiently waste streams return to the beginning of the product chain, it is advisable to supplement the traditional record with the data on the receipt of secondary material resources (SMR) and energy from waste by their types and sources of formation; on the return of SMR to the production chain, including the primary producer, and the resulting losses of resources. In this case, the basic indicator of waste disposal can be specified with the determination of the level of circularity of separate waste streams and the efficiency of the utilization processes.

When developing a territorial waste management scheme, it is necessary to identify the best available technologies, based on methodological approaches and reference documents developed by the Russian BAT Bureau. In particular, for the Novgorod region, BATs for automatic sorting of

MSW, as well as for RDF fuel production, processing of wood waste with obtaining biochar and processing of rubber tires were considered as priorities. The introduction of the considered BATs over the period until 2020 will allow obtaining a significant economic effect, provided the marketable products are sold, and both reducing the waste landfilling and increasing the indicator of waste utilization by 3.5% per year.

**Keywords:** waste management, industrial waste, municipal solid waste, recycling, circularity, indicators, circular economy, best available techniques.

**Сергиенко Ольга Ивановна** (Санкт-Петербург, Россия) – заведующая кафедрой «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности», канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru).

**Смазнова Евгения Сергеевна** (Санкт-Петербург, Россия) – магистрант кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: smaznova\_94@mail.ru).

**Разумова Дарья Владимировна** (Санкт-Петербург, Россия) – магистрант кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: razumova3484@mail.ru).

**Sergienko Olga** (Saint-Petersburg, Russia) – Head of Industrial Ecology and Occupational Safety Department, Associate Professor, Ph.D. in Technical Sciences, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (197101, Saint-Petersburg, Kronverkskiy av., 49, e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru).

**Smaznova Evgeniya** (Saint-Petersburg, Russia) – Graduate Student of Industrial Ecology and Occupational Safety Department, Associate Professor, Ph.D. in Technical Sciences, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (197101, Saint-Petersburg, Kronverkskiy av., 49, e-mail: smaznova\_94@mail.ru).

**Razumova Daria** (Saint-Petersburg, Russia) – Graduate Student of Industrial Ecology and Occupational Safety Department, Associate Professor, Ph.D. in Technical Sciences, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (197101, Saint-Petersburg, Kronverkskiy av., 49, e-mail: razumova3484@mail.ru).