



МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТОИМОСТИ УСТОЙЧИВЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Е. А. Захарова

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва, Россия

В статье рассматривается проблема расчета стоимости бизнес-процессов обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в условиях формирования экономики замкнутого цикла. Приведенная новая методика комплексно учитывает в стоимости бизнес-процессов обращения с ТКО и такие составляющие, как стоимость экологического ущерба, а также доходную часть некоторых бизнес-процессов, которые связаны с производством вторичных продуктов и энергии переработки ТКО. Предложенная методика может быть использована в цифровой бизнес-аналитике при моделировании бизнес-процессов, так как является развитием известного функционально-стоимостного анализа бизнес-процессов, который успешно реализуется в современных системах моделирования и управления бизнес-процессами. Автором приведен пример использования данной методики при разработке цифровой территориальной схемы обращения с ТКО в аэропорту Домодедово, а также обосновывается необходимость увеличения доли отдельного накопления отходов и их переработки в свете развития экономики замкнутого цикла. Методика также может быть использована и для обоснования корректности формирования платежных документов региональными операторами по вывозу ТКО.

Ключевые слова: экологический ущерб, отдельное накопление отходов, экономика замкнутого цикла, устойчивость.

METHODOLOGY OF CALCULATING COST OF SUSTAINABLE BUSINESS-PROCESSES DEALING WITH SOLID MUNICIPAL WASTE TREATMENT

Elena A. Zakharova

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

The article studies the problem of calculating the cost of business-processes of treating solid municipal waste (SMW) in conditions of shaping closed-cycle economy. A new methodology includes into the cost of business-processes of SMW treatment such elements as the cost of ecological damage and a profitable component of some business-processes, which are connected with output of secondary products and power of SMW recycling. The proposed methodology can be used in digital business-analysis for modeling business-processes, as it is actually a development of the well-known function and value analysis of business-processes, which is applied in advanced systems of modeling and managing business-processes. The author explained the use of this methodology in developing digital territorial scheme of SMW treatment in Domodedovo airport and grounded the necessity to increase the share of separate waste accumulation and its treatment in view of developing economy of the closed cycle. This methodology can also be used for substantiation of the correct making-up of payment documents for SMW removal.

Keywords: ecological damage, separate waste accumulation closed-cycle economy, sustainability.

Экономическая оценка бизнес-процессов, связанных с экологическим ущербом, чрезвычайно сложная. Порой ее математическая формализация оказывается невозможной. В этом случае часто прибегают к цифровому, в том

числе имитационному, моделированию, результатами которого являются данные для аналитической обработки.

В последнее время особую актуальность приобрел функционально-стоимостной анализ (ФСА) бизнес-процессов. Для проведения такого анализа в сфере организации бизнес-процессов обращения с ТКО нужна адекватная методика, которая будет отражать не только затраты на бизнес-процессы, но и экологический ущерб. Так как бизнес-процессы обращения с ТКО разнообразны и зависят от различных вариаций территориальных схем логистики, захоронения, переработки и сжигания отходов, то в некоторых бизнес-процессах будет и доходная часть за счет вторичного использования продуктов переработки и вторичной выработки энергии. Эту часть тоже можно учесть в методике как уменьшающую стоимость общих бизнес-процессов. Такой комплексный подход позволит рассмотреть стоимость бизнес-процессов с позиций устойчивости и экономики замкнутого цикла.

Общее потребление природных ресурсов в экономике замкнутого цикла рассчитывается по формуле

$$N_a = N_r + N_s + N_w, \quad (1)$$

где N_a – общее потребление природных ресурсов;

N_r – рациональное потребление природных ресурсов в рамках экономики замкнутого цикла;

N_s – структурное потребление (отходы, избыточное потребление, перепотребление) природных ресурсов в процессах производства;

N_w – отходы на стадии потребления, которые аккумулируют природные ресурсы.

При устойчивой организации бизнес-процессов обращения с ТКО снижается общее потребление природных ресурсов (N_a).

При проведении функционально-стоимостного анализа бизнес-процессов используются два основных параметра: стоимость и длительность. Для определения длительности каждого бизнес-

процесса в ресурсы закладывается временной параметр выполнения данного процесса в часах. Задачей ФСА-анализа становится автоматизированный расчет длительности каждого шага процесса.

Стоимость бизнес-процессов обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и устойчивости предлагается рассчитывать по формуле

$$C_{\text{выпкко}} = \sum_{i=1}^n (C_i\text{БП} + C_i\text{УБП} - C_i\text{ДБП}), \quad (2)$$

где $C_i\text{БП}$ – стоимость каждого i -го бизнес-процесса (в руб.);

$C_i\text{УБП}$ – стоимость экологического ущерба каждого i -го бизнес-процесса (в руб.);

$C_i\text{ДБП}$ – стоимость доходной части за счет вторичного использования продуктов переработки ТКО и вторичной выработки энергии (в руб.).

$C_i\text{БП}$ складывается из затрат на трудовые и материальные ресурсы; $C_i\text{ДБП}$ – из доходов от реализации вторичных продуктов переработки ТКО. Стоимость экологического ущерба можно рассчитать по существующим методикам, приведенным в [5; 6], или по упрощенной для некоторых случаев методике.

В упрощенном случае экологический ущерб в денежном эквиваленте рассчитывается по формуле

$$C_i\text{УБП} = C_{i\text{УАБП}} + C_{i\text{УВБП}} + C_{i\text{УПБП}}, \quad (3)$$

где $C_{i\text{УАБП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения атмосферы за год (в руб./год);

$C_{i\text{УВБП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения водных ресурсов за год (в руб./год);

$C_{i\text{УПБП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения почвы (в руб./год).

Стоимость экономического ущерба от загрязнения атмосферы рассчитывается по формуле

$$C_{i\text{УАБП}} = Y_A F M_A \Omega_{3A}, \quad (4)$$

где Y_A – удельный ущерб, или ущерб, который наносится окружающей среде одной тонной конкретного загрязнителя, выброшенного в атмосферу за год;

F – коэффициент, учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере;

M_A – приведенная масса годового выброса в атмосферу (усл. т / т);

$\Omega_{ЗА}$ – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферы.

Приведенная масса годового выброса в атмосферу рассчитывается по формуле

$$M_A = \sum_{j=1}^k A_j m_j, \quad (5)$$

где A_j – коэффициент относительной агрессивности (усл. т / т), или приведения примеси вида j к конкретному загрязнителю для атмосферы;

m_j – масса годового выброса (т).

Стоимость экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов рассчитывается по формуле

$$C_{\text{губп}} = Y_B M_B \Omega_{ЗВ}, \quad (6)$$

где Y_B – удельный ущерб, или ущерб, который наносится окружающей среде одной тонной конкретного загрязнителя, выброшенного в водоемы за год;

M_B – приведенная масса годового выброса в водоемы (усл. т / т);

$\Omega_{ЗВ}$ – коэффициент относительной опасности загрязнения акватории.

Приведенная масса годового выброса в водоемы рассчитывается по формуле

$$M_B = \sum_{j=1}^k B_j m_j, \quad (7)$$

где B_j – коэффициент относительной агрессивности (усл. т / т), или приведения примеси вида j к конкретному загрязнителю для водоема.

Масса годового выброса в водоемы вычисляется по формуле

$$m_j = \sum_{j=1}^k N_j V_j, \quad (8)$$

где N_j – концентрация j -го вещества в сточных водах (г/м³);

V_j – объем годового сброса сточных вод (тыс. м³ / год).

Стоимость экономического ущерба от загрязнения почв рассчитывается по формуле

$$C_{\text{губп}} = Y_{\text{П}} M_{\text{П}} \Omega_{\text{ЦП}}, \quad (9)$$

где $Y_{\text{П}}$ – удельный ущерб, который наносится почве при выбросе загрязнителя. Для ТКО $Y_{\text{П}} = 3$;

$M_{\text{П}}$ – приведенная масса годового выброса в почвы (усл. т / т). Показатель рассчитывается по формуле

$$M_{\text{П}} = \sum_{j=1}^k \Pi_j m_j, \quad (10)$$

где Π_j – коэффициент относительной агрессивности (усл. т / т), или приведения примеси вида j к конкретному загрязнителю для почвы;

$\Omega_{\text{ЦП}}$ – показатель, который характеризует относительную ценность земельных ресурсов. Почвы делят на 4 категории. В соответствии с категорией выбирают коэффициент $\Omega_{\text{ЦП}}$ (таблица).

Показатель $\Omega_{\text{ЦП}}$ в зависимости от категории почв

| Категория почв | $\Omega_{\text{ЦП}}$ |
|------------------------|----------------------|
| Полесье и суглинки | 0,5 |
| Лесостепи | 0,7 |
| Черноземы | 1,0 |
| Орошаемые сельхозземли | 2,0 |

Для удобства расчетов полную стоимость ущерба бизнес-процессов обращения с ТКО можно представить в виде подстановки в формулу (3) выведенных выражений (4–10). В итоге получим следующую расчетную формулу:

$$C_{\text{губп}} = \Omega_{ЗА} Y_A F \sum_{j=1}^k A_j m_j + \Omega_{ЗВ} Y_B \sum_{j=1}^k B_j \sum_{j=1}^k N_j V_j + Y_{\text{П}} \Omega_{\text{ЦП}} \sum_{j=1}^k \Pi_j m_j. \quad (11)$$

При расчете стоимости бизнес-процессов для любой формируемой территориальной схемы обращения с ТКО, которая будет учитывать экологический ущерб и возврат стоимости от вторичного использования продуктов переработки отходов, можно использовать формулу (2) с вы-

веденной формулой стоимости экологического ущерба (11).

Предложенная методика удобна при ее использовании в специализированных цифровых системах моделирования бизнес-процессов [4; 10; 11], в которых реализуется ФСА.

В качестве примера рассмотрим цифровую модель процессов обращения с ТКО для территориальной схемы аэропорта Домодедово [8]. Такая схема вызывает практический интерес, так как обращение с ТКО в аэропортах имеет свои особенности.

Во-первых, ТКО в крупных аэропортах, таких как Домодедово, накапливаются в огромных количествах. За сутки там обрабатывается около 3 000 м³ ТКО.

Во-вторых, в аэропортах особенные логистические цепочки накопления ТКО – от самолетов и дьюти-фри до контейнерных площадок, которые требуют дополнительного изучения.

В-третьих, состав ТКО, которые образуются в результате организации питания пассажиров на борту и в общепите аэропорта, достаточно хорошо изучен. Его большая часть считается сортируемой и перерабатываемой. Обычно долю ТКО, направляемых на переработку, рассчитывают по формуле

$$O = \frac{V_{\text{перераб}}}{V_{\text{общее}}} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где O – доля ТКО, направленная на переработку;

$V_{\text{перераб}}$ – количество ТКО, направленных на обработку за отчетный период;

$V_{\text{общее}}$ – количество образованных ТКО за отчетный период.

В-четвертых, дисциплинированность деятельности авиакомпаний и отлаженность всех аэропортовых процессов позволяют легко перейти на отдельный сбор ТКО, что дает возможность использовать такие территориальные схемы как экспериментальные площадки. Организация отдельного сбора ТКО в системе ЖКХ, например, требует длительной выработки у населения культуры отдельного сбора отходов.

На рисунке приведена цифровая модель для обращения с ТКО в аэропорту Домодедово [8].

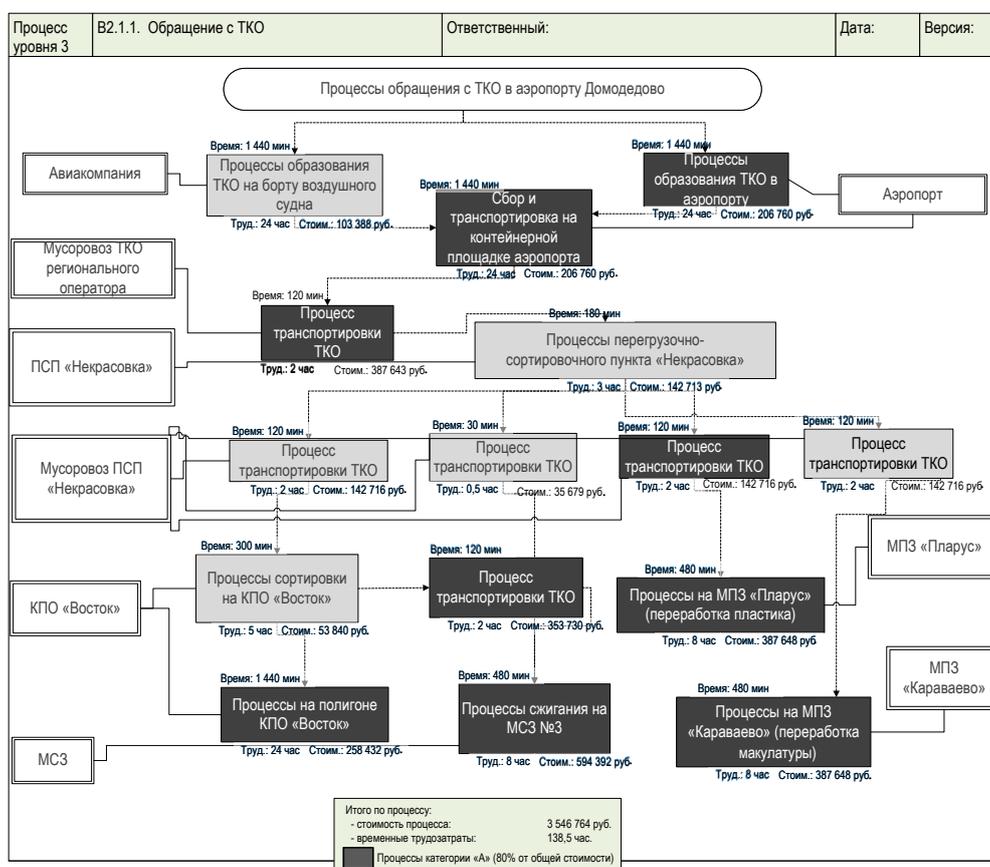


Рис. Функционально-стоимостной анализ модели бизнес-процессов обращения с ТКО в аэропорту

Разработанная методика использовалась при автоматизированном проведении ФСА. Цифровое моделирование обращения с ТКО проводилось в расчете на 24 часа, так как отходы вывозятся один раз в сутки. Поэтому при расчете стоимости экологического ущерба в формулах (3)–(11) полученные годовые значения делились на 365. Количество образуемых ТКО принималось равным 3 000 м³ в сутки.

Функционально-стоимостной анализ по предложенной методике визуализирован в графической модели светло-серым цветом. Дополнительно на рисунке представлены результаты ABC-анализа по принципу Парето, где ключевые бизнес-процессы категории «А» выделены темно-серым цветом [2].

Как видно из полученных результатов, бизнес-процессы обращения с ТКО, которые связаны с переработкой отходов, наиболее перспективные для изучения и реализации [7]. При правильной организации их общая стоимость будет уменьшаться за счет доходной части, а общее потребление природных ресурсов N_a в формуле (1) будет уменьшаться за счет увеличения доли ТКО, отправляемых на перера-

ботку, что позволит реализовать принципы устойчивости и принципы экономики замкнутого цикла.

Практическую ценность использования методики расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов обращения с ТКО представляет возможность заключения экономически обоснованных договоров на вывоз ТКО с региональным оператором, в которых становятся прозрачными экономические механизмы формирования тарифов.

В настоящее время тарифная стоимость вывоза ТКО и крупногабаритных отходов в год (C_T) в системе ЖКХ определяется из экспериментальной формулы [3]

$$C_T = S \cdot T \cdot (N_1 + N_2), \quad (13)$$

где S – площадь квартиры или дома;

T – утвержденный тариф по кластеру;

N_1 – накопление ТКО;

N_2 – накопление крупногабаритных отходов.

Если сравнить результаты моделирования, полученные по формуле (3), со значениями, полученными по формуле (13), приведенные к одному временному периоду, то можно экономически обоснованно корректировать тарифы на вывоз ТКО.

Список литературы

1. Бобылев С. Н., Соловьева С. В. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России // Мир новой экономики. – 2020. – № 14 (2). – С. 63–72.
2. Веснин В. Р., Корягин Н. Д., Сухоруков А. И. Современные методы стратегического анализа : монография. – М. : Изд-во Московского государственного университета экономики, статистики и информатики, 2013.
3. Как рассчитать стоимость вывоза мусора. – URL: <https://uk-rsp.ru/41-glavnye-novosti-slajd/1539-kak-rasschitat-stoimost-vyvoza-musora> (дата обращения: 10.02.2022).
4. Корягин Н. Д., Сухоруков А. И., Большедворская Л. Г. Процессное управление на основе программной системы «Бизнес-инженер». – М. : Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского, 2016.
5. Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 88 (04). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/51.pdf> (дата обращения: 04.01.2022).
6. Определение экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. – URL: <http://lib.4i5.ru/cu626.htm> (дата обращения: 04.01.2022).
7. Сухоруков А. И., Захарова Е. А. Актуальные подходы к развитию экономики замкнутого цикла в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2021. – Т. 18. – № 5 (119). – С. 6–17.

8. Сухоруков А. И., Корягин Н. Д., Богданова Е. Н., Захарова Е. А. Организация устойчивых бизнес-процессов вывоза твердых коммунальных отходов в гражданской авиации // Сборник трудов X Международной научно-практической конференции. 14–15 октября 2021 г. – Т. 1. – Иркутск, 2021. – С. 302–308.

9. Сухоруков А. И., Хисматов И. Ф., Новиков И. Э. Основы теории аэрокосмического радиационного мониторинга земли : монография. – М., 2011.

10. Sukhorukov A. I., Shuhong G., Koryagin N. D., Eroshkin S. Yu. Tendencies of Information Management Development in the Conditions of the Origin of a New Ecosystem of the Digital Economy // Proceedings of 2018 11th International Conference “Management of Large-Scale System Development”. – М. : V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, 2018. – С. 8551859.

11. Sukhorukov A., Koryagin N., Sulyagina J., Eroshkin S., Ulitskaya N. Digital Transformation of Airline Management as the Basis of Innovative Development // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1115 AISC. – С. 845–854.

References

1. Bobylev S. N., Soloveva S. V. Tsirkulyarnaya ekonomika i ee indikatory dlya Rossii [Circular Economy and its Indicators for Russia]. *Mir novoy ekonomiki* [World of New Economy], 2020, No. 14 (2), pp. 63–72. (In Russ.).

2. Vesnin V. R., Koryagin N. D., Sukhorukov A. I. Sovremennye metody strategicheskogo analiza: monografiya [Advanced Methods of Strategic Analysis, monograph]. Moscow, Publishing house of the Moscow State University of Economics, Statistics and Information Science, 2013. (In Russ.).

3. Kak rasschitat stoimost vyvoza musora [How to Calculate the Cost of Waste Removal]. (In Russ.). Available at: <https://uk-rsp.ru/41-glavnye-novosti-slajd/1539-kak-rasschitat-stoimost-vyvoza-musora> (accessed 10.02.2022).

4. Koryagin N. D., Sukhorukov A. I., Bolshedvorskaya L. G. Protsessnoe upravlenie na osnove programmnoy sistemy «Biznes-inzhener» [Process Management Based on Program System ‘Business-Engineer’]. Moscow, Publishing house of the Zhukovskiy Academy, 2016. (In Russ.).

5. Nauchnyy zhurnal KubGAU [Academic Journal KubGAU], 2013, No. 88 (04). (In Russ.). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/51.pdf> (accessed 04.01.2022).

6. Opreделение ekonomicheskogo ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Finding Economic Damage due to Environment Pollution]. (In Russ.). Available at: <http://lib.4i5.ru/cu626.htm> (accessed 04.01.2022).

7. Sukhorukov A. I., Zakharova E. A. Aktualnye podkhody k razvitiyu ekonomiki zamknutogo tsikla v sfere obrashcheniya s tverdymi kommunalnymi otkhodami [Acute Approaches to the Development of Closed-Cycle Economy in the Field of SMW Treatment]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2021, Vol. 18, No. 5 (119), pp. 6–17. (In Russ.).

8. Sukhorukov A. I., Koryagin N. D., Bogdanova E. N., Zakharova E. A. Organizatsiya ustoychivyykh biznes-protsessov vyvoza tverdyykh kommunalnykh otkhodov v grazhdanskoy aviatsii [Organization of Sustainable Business-Processes of SMW Removal in Civil Aircraft]. *Sbornik trudov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 14–15 oktyabrya 2021 g.* [Collection of works of the 10th International Conference. 14–15 October, 2021]. Vol. 1. Irkutsk, 2021, pp. 302–308. (In Russ.).

9. Sukhorukov A. I., Khismatov I. F., Novikov I. E. *Osnovy teorii aerokosmicheskogo radiatsionnogo monitoringa zemli, monografiya* [Principles of the Theory of Aerospace Radiation Monitoring of the Earth, monograph]. Moscow, 2011. (In Russ.).

10. Sukhorukov A. I., Shuhong G., Koryagin N. D., Eroshkin S. Yu. Tendencies of Information Management Development in the Conditions of the Origin of a New Ecosystem of the Digital Economy. *Proceedings of 2018 11th International Conference "Management of Large-Scale System Development"*. Moscow, V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, 2018, p. 8551859.

11. Sukhorukov A., Koryagin N., Sulyagina J., Eroshkin S., Ulitskaya N. Digital Transformation of Airline Management as the Basis of Innovative Development. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, Vol. 1115 AISC, pp. 845–854.

Сведения об авторе

Елена Александровна Захарова

аспирантка базовой кафедры «Управление проектами и программами Capital Group» РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: uskova-95@mail.ru

Information about the author

Elena A. Zakharova

Post-Graduate Student of the Basic Department "Project and Program Management Capital Group" of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: uskova-95@mail.ru