

DOI: 10.15838/ptd/2018.2.94.4

УДК 332.1 | ББК 65.9(2Рос-4Ста)-528.4

© Белоусов А.И., Шелухина Е.А.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ



**БЕЛОУСОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ**

Северо-Кавказский федеральный университет  
Россия, 355009, г. Ставрополь ул. Пушкина, д. 1  
E-mail: belousov04@yandex.ru



**ШЕЛУХИНА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА**

Северо-Кавказский федеральный университет  
Россия, 355009, г. Ставрополь ул. Пушкина, д. 1  
E-mail: sheluhina1319@yandex.ru

*Статья рассматривает актуальные проблемы региональных схем управления бытовыми отходами, прежде всего в части методического обоснования экономических инструментов этого процесса. Показана важность укрепления экологической безопасности посредством нейтрализации ущерба природной среде отходами потребления. Проведен анализ региональных особенностей организации управления отходами в системе жилищно-коммунального хозяйства Ставропольского края, в результате чего сформирована модель управления твердыми бытовыми отходами, включающая аналитический и расчетно-конструктивный блоки. Для оценки уровня существенности экономических инструментов и минимизации негативного воздействия отходов потребления на региональную природную среду произведено ранжирование этих инструментов с использованием системы критериев с последующей оценкой структурной динамики изменения значимости экономических инструментов в управлении процессом обращения с бытовыми отходами в кратко-, средне- и долгосрочном плане. Предложена матричная модель оценки устойчивости использова-*

**Цитата:** Белоусов А.И., Шелухина Е.А. Моделирование управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами на региональном уровне // Проблемы развития территории. 2018. № 2 (94). DOI: 10.15838/ptd/2018.2.94.4

**Citation:** Belousov A.I., Shelukhina E.A. Modeling the process of solid waste management at the regional level. *Problems of Territory's Development*, 2018, no. 2 (94). DOI: 10.15838/ptd/2018.2.94.4

ния ресурсно-производственного потенциала специализированных организаций ЖКХ региона, которая показала недоучет образующихся бытовых отходов в районных центрах, неэффективность действующей экологической политики, недофинансирование природоохранных программ и необходимость срочного дополнительного внимания к городам-курортам Кавказских Минеральных Вод. В результате сделан вывод о наличии ярко выраженной тенденции снижения эффективности затрат природоохранного характера и повышения тарифов по нейтрализации негативного влияния отходов. Полученные результаты экономико-математического анализа и моделирования рекомендованы для обоснования величины тарифов в зависимости от удельного образования бытовых отходов, проведения сравнительной оценки эффективности их нейтрализации в разных муниципальных образованиях, формирования целевых средозащитных индикаторов состояния природы в регионе.

*Твердые бытовые отходы, региональные особенности, экономические инструменты, затратно-дача, матричная модель.*

## **Введение.**

### **Предпосылки и региональные условия разработки модели управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами**

Существующая в настоящее время проблема ухудшения экологических условий, особенно в крупных и средних населенных пунктах, во многом связана с нерациональными формами нейтрализации отрицательных последствий деятельности по обращению с твердыми бытовыми отходами.

Важными элементами здесь являются оптимизация существующих экономических инструментов управления отходами, учитывающих региональные особенности; усиление контроля за улучшением качества информационного сопровождения возникающих средозащитных проблем; повышение эффективности функционирования правительственных программ, касающихся бережного отношения общества к природной среде в регионе [1; 2].

В настоящее время проведенный анализ современного состояния исследований по данному вопросу позволяет сказать, что основу составляют в первую очередь нормативные документы, определяющие отдельные вопросы регулирования процесса обращения с отходами производства и потребления, например, принятая Правительством Ставропольского края в 2017 году региональная программа, основной целью которой является создание в Ставропольском крае комплексной системы обращения с отходами, предусматривающей

снижение негативного воздействия отходов на окружающую среду.

Научные исследования по развитию нейтрализации и ликвидации ущерба окружающей среды от твердых бытовых отходов нашли отражение в работах отечественных и зарубежных ученых.

Развитием теории в области управления отходами занимались В. Девяткина, Т. Матсуто, Х. Никогосова, К.В. Папенова, О.В. Падалко, О.П. Петрукова, С.Г. Тяглова, А.Н. Тугова и др.

Проблемами совершенствования процесса управления отходами на региональном уровне занимаются такие ученые, как П.В. Макаров, И.Н. Тихонова, С.Н. Лега, С.Г. Тяглов, Л.Я. Шубов, С.Л. Байдакова, А.Г. Воронина, В.Б. Зотова, В.В. Иванова, Д.С. Львова [3–7].

Цель данного исследования – обоснование необходимости развития комплекса теоретических и методических положений, направленных на развитие экономических инструментов управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами с учетом региональных особенностей.

В соответствии с поставленной целью выявлены региональные особенности Ставропольского края для оптимального выбора экономического инструментария управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами, которые обусловлены природными, демографическими, социальными, экологическими и прочими факторами (рис. 1).

В результате научная новизна данного исследования будет выражаться в развитии



Рис. 1. Структура региональных особенностей в организации управления отходами

методических положений по моделированию процесса управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами в региональных условиях, направленных на формирование информационного обеспечения мониторинга состояния окружающей среды и возможности осуществления контроля достижения целевых показателей региональных программ, направленных на оптимизацию процесса обращения с отходами.

Значимость исследования будет заключаться в возможности включения конкретных рекомендаций в региональные программы по развитию системы обращения с отходами потребления, контроля в сфере тарифообразования и использования их специализированными предприятиями для регулирования уровня затратоотдачи услуг по вывозу отходов.

### Постановка проблемы.

#### Моделирование процесса управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами

В настоящее время жилищно-коммунальный комплекс Ставропольского края насчитывает около 768 организаций с численностью более сорока пяти тысяч работников, обслуживающих как юридических лиц, так и население [8].

В оказании услуг присутствует высокий уровень разрозненности в качестве выполняемых услуг. Существуют организации, которые

оказывают услуги невысокого качества и частично финансируются государством, а есть организации, которые оказывают целый комплекс высококачественных и дорогостоящих услуг, но, как правило, обслуживают элитные офисы и дома в регионе.

Считается, что тарифно-ценовая политика организаций, оказывающих комплекс специализированных услуг, должна, будучи важнейшим экономическим инструментом управления обращения с твердыми бытовыми отходами, носить ярко выраженный сбалансированный характер с четкой ориентацией на региональные особенности [9].

Система управления отходами обязана гарантировать целенаправленную работу по сбору, накоплению, транспортировке, переработке, обезвреживанию и утилизации отходов для приведения ее в действующее соотношение с финансовыми, социальными и экологическими общепризнанными нормами, определяемыми действующим законодательством [10; 11–15].

Общей тенденцией должна стать эколого-экономическая составляющая, предполагающая повышение обоснованности выделяемых финансовых ресурсов на предотвращение и ликвидацию загрязняющего воздействия на окружающую среду по всей технологической линии возникновения, сбора и утилизации твердых бытовых отходов в различных временных промежутках – краткосрочной и долгосрочной перспективе [16].

Модель процесса управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами включает два последовательных блока: аналитический и расчетно-конструктивный, цель – создание максимально благоприятных условий увеличения производительности специализированных организаций для решения экологических задач на региональном уровне (рис. 2).

Данная модель может быть использована в специализированных организациях, которые осуществляют сбор, вывоз, утилизацию твердых бытовых отходов, в том числе и в организациях жилищно-коммунального хозяйства, финансируемых государством, только тогда вероятно достижение конкретного позитивного значения эколого-экономической результативности всей системы обращения отходов в регионе.

### Ранжирование экономических инструментов управления процессом обращения с отходами с учетом особенностей региона

Для определения приоритетности и целесообразности использования тех или иных экономических инструментов с учетом региональных особенностей с целью достижения целевых индикаторов региональной программы «Обращение с отходами производства и потребления, в том числе с твердыми коммунальными отходами, в Ставропольском крае», принятой Правительством Ставропольского края от 2 ноября 2017 года № 430-п на 2018–2021 гг., были использованы рекомендации, предложенные Ярославским ОАО «НПП Кадастр», которые заключаются в ранжировании инструментов в соответствии с их

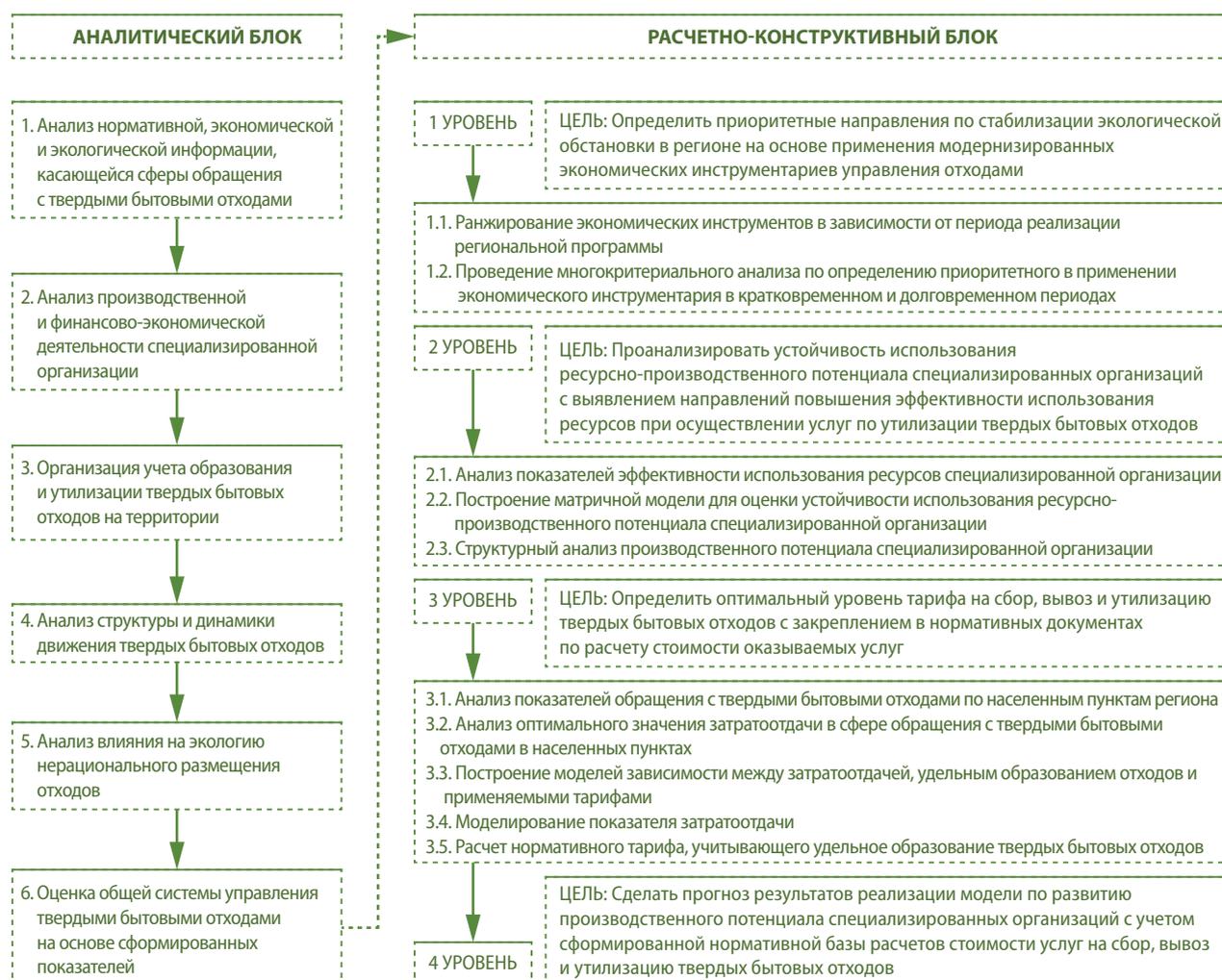


Рис. 2. Модель процесса управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами

значимостью в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе реализации утвержденных программ в регионе по управлению отходами и проведению на этой основе многокритериального анализа.

Ранжирование инструментов осуществлялось в соответствии с определенными уровнями: 0,0 – не приемлем к применению; 0,25 – применим с существенными ограничениями; 0,5 – применим с ограничениями; 0,75 – применим с некоторыми ограничениями; 1,0 – полностью приемлем к применению.

Экспертами, которых было пять человек, выступали ведущие сотрудники организации – признанные в стране эксперты, авторы уникальных проектов, имеющие ученые степени докторов и кандидатов географических, экономических, технических, химических наук, а также европейские сертификаты EOQ-менеджеров и аудиторов по качеству, экологии и рискам.

Региональная программа по обращению с отходами производства и потребления на 2018–2021 гг. предполагает последовательное осуществление запланированных экологических мероприятий, что в конечном итоге будет способствовать достижению целевых показателей и стабилизации экологической обстановки в регионе. Результаты отражены в *табл. 1*.

Первая апробация результатов была осуществлена в 2013 году на территории Ставропольского края, основные результаты изложены Е.В. Закалюкиной, аспирантом доктора экономических наук, профессора А.И. Белоусова, [17; 18].

Несмотря на то что в диссертационной работе были изложены результаты, полученные 5 лет назад, которые анализировались по краевой программе «Отходы производства и потребления в Ставропольском крае на 2012–2016 годы», результаты ранжирования

экономических инструментов с учетом возможности их применения в управлении твердыми бытовыми отходами и региональных особенностей Ставропольского края в 2017 году остались практически на том же уровне, что подтверждает учет региональных особенностей, учитываемых при проведении исследования.

Однако в результате дополнительного исследования предложена система критериев и весовых коэффициентов как основа проведения балльной экспертной оценки. Критериями значимости и приростности предлагаемых экономических инструментов являются:

- а) правовая составляющая;
- б) инфраструктурное обеспечение;
- в) важность конкретного инструмента для органов государственного управления;
- г) степень экологической эффективности;
- д) экономическая эффективность;
- е) достижения долгосрочной эффективности;
- ж) возможности финансовых поступлений;
- з) социальная составляющая для населения региона;
- и) трудоемкость управления;
- к) ухудшение и улучшение конкурентоспособности;
- л) воздействие на распределение доходов с точки зрения значимости выбранных инструментов.

Результаты многокритериального анализа по определению приоритетного в применении экономического инструментария в кратковременном и долгосрочном периодах представлены в *табл. 2*.

При анализе данных таблицы 2 следует отметить достаточно высокую востребованность представленных экономических инструментов. Более того, в ближайшей перспективе не произойдет сколько-нибудь значимого изменения

**Таблица 1. Ранжирование экономических инструментов по управлению процессом обращения с твердыми бытовыми отходами в Ставропольском крае**

Период	Платежи за сбор и вывоз отходов	Платежи за размещение отходов	Платежи за утилизацию отходов	Штрафные санкции	Кредитные и налоговые льготы	Компенсация экологического ущерба
Краткосрочный	0,89	0,89	0,39	0,36	0,25	0,11
Среднесрочный	0,96	0,93	0,57	0,54	0,46	0,43
Долгосрочный	1,00	0,96	0,82	0,79	0,61	0,75

Таблица 2. Ранжирование экономических инструментов по управлению процессом обращения с твердыми бытовыми отходами в Ставропольском крае, баллы

Экономический инструмент	Краткосрочная перспектива	Среднесрочная перспектива	Долгосрочная перспектива
Платежи за сбор и вывоз отходов	43,1	43,2	45,0
Платежи за размещение отходов	40,7	41,3	41,9
Платежи за утилизацию отходов	29,3	35,1	39,7
Штрафные санкции	25,4	31,1	32,7
Кредитные и налоговые льготы	22,1	26,9	26,1
Компенсации экологического ущерба	19,1	23,2	31,3

в их структуре способствования, хотя и будет возрастать роль экологического страхования и системы штрафных санкций. Главным экономическим инструментом в управлении отходами будут выступать платежи за сбор и вывоз отходов, а также платежи за их размещение.

По нашему мнению, в ближайшей перспективе не предвидится существенных изменений в области применения экономических инструментов, как и показали результаты исследования, проводимого в 2013 году на территории Ставропольского края. К перечню используемых показателей все также будут относиться экологические платежи за различные виды негативного воздействия на окружающую среду, которые часто составляют основную долю тарифа на вывоз твердых бытовых отходов специализированными организациями.

С другой стороны, все чаще будут использоваться такие экономические инструменты, как компенсация экологического ущерба, ужесточение штрафных санкций и предоставление льгот. Что касается краткосрочной перспективы, то в данном случае наиболее эффективными экономическими инструментами останутся платежи за сбор и вывоз твердых бытовых отходов, а также платежи за их размещение, при этом в среднесрочной и долгосрочной перспективе чаще начнут использоваться платежи за утилизацию отходов.

#### **Оценка сбалансированности ресурсно-производственного потенциала специализированных организаций**

Эффективность функционирования сферы ЖКХ считается необходимым элементом региональной экономики, которая должна

повышаться за счет построения на региональном уровне межбюджетных отношений, стимулирующих специализированные организации к постоянному мониторингу ценовой политики на коммунальные услуги.

Тарифно-ценовой механизм в ЖКХ обязан принимать во внимание интересы всех заинтересованных сторон, в противном случае возможно постепенное смещение в худшую сторону качества оказываемых услуг, понижение их объема, что в результате отрицательно скажется именно на экономическом состоянии компаний ЖКХ [19; 20].

В результате оценки аккумулированной информации о тарифах специализированных организаций ЖКХ в Ставропольском крае сделан вывод, что данные по тарифам на территории региона сильно дифференцированы, хотя условия их функционирования практически схожи. Конечный потребитель услуг часто даже не имеет возможности выбрать поставщика услуг, так как за него это делает управляющая компания.

Предлагаемый анализ производственной и финансово-экономической деятельности специализированных организаций, оказывающих услуги по утилизации твердых бытовых отходов, позволит выявить направления повышения эффективности использования ресурсов при осуществлении услуг по утилизации твердых бытовых отходов, тем самым сбалансировать ценовую политику и устранить сильную дифференциацию в тарифах по территории региона.

Эффективным, на наш взгляд, будет построение матричной модели для оценки устойчивости использования ресурсно-про-

изводственного потенциала специализированной организации для выполнения производственной программы и достижения целевых показателей краевой программы по утилизации отходов в Ставропольском крае на 2018–2021 годы.

Производственная программа должна содержать объем твердых бытовых отходов, подлежащих утилизации, и количество ресурсов, необходимых для их утилизации с преобладающим принципом – увеличение объема утилизированных отходов в регионе с одновременным повышением эффективности функционирования специализированных организаций ЖКХ и ростом прибыльности.

Матричная модель оценки устойчивости использования ресурсно-производственного потенциала специализированной организации ЖКХ содержит в себе следующие показатели: производственная программа ( $P_n$ ), валовая прибыль ( $B_n$ ), себестоимость ( $C$ ), среднегодовая стоимость основных средств ( $C_{ос}$ ) и численность работников ( $Ч_p$ ), это наиболее репрезентативные показатели, характеризующие возможность выполнения намеченной производственной программы по утилизации отходов. Оценка тесноты связи между выбранными факторными показателями произведена с применением шкалы Чеддока.

Для осуществления матричного моделирования данные по выбранным показателям преобразованы в матричные модели оценки устойчивости использования ресурсно-производственного потенциала специализированной организации ЖКХ за 2018–2019, 2019–2020 и 2020–2021 гг.

Применение и расчет матричной модели позволит, с одной стороны, рассчитать показатели, характеризующие эффективность функционирования специализированной организации за исследуемый период, с другой – оценить эффективность использования отдельных видов ресурсов, необходимых для выполнения производственной программы по утилизации отходов.

Нами предлагаются показатели оценки ресурсной сбалансированности производственного потенциала (РПП) предприятий

ЖКХ и специализированных предприятий по сбору, вывозу, утилизации ТБО, которые будут рассчитываться соотношением показателей, отраженных в матричной модели.

Оценку сбалансированности производственного потенциала (РПП) специализированных организаций ЖКХ по сбору, вывозу, утилизации твердых бытовых отходов целесообразно производить на основе расчета следующих показателей:

- показатель  $РПП_1$  – комплексно характеризует изменения экономических результатов деятельности специализированных организаций ЖКХ по сбору, вывозу, утилизации твердых бытовых отходов. Данный показатель будет соответствовать темпу роста блока 2.1 матричной модели  $T_{p.6.2.1}$ , то есть  $РПП_1 = T_{p.6.2.1}$ ;

- показатель  $РПП_2$  характеризует динамику эффективности осуществления затрат на выполнение производственной программы по утилизации отходов и получению прибыли, который будет рассчитываться как корень квадратный из произведения  $T_{p.6.3.1}$ ,  $T_{p.6.3.2}$ , представляющих собой темпы роста блоков 3.1, 3.2 матричной модели;

- показатель отражает изменения эффективности использования ресурсов и их сбалансированность для выполнения производственной программы, который будет рассчитываться как корень квадратный из произведения  $T_{p.6.4.1}$ ,  $T_{p.6.4.2}$ ,  $T_{p.6.5.1}$ ,  $T_{p.6.5.1}$ ,  $T_{p.6.3.1}$ ,  $T_{p.6.3.2}$ , представляющих собой темпы роста блоков 4.1, 4.2, 5.1, 5.2 матричной модели;

- показатель  $РПП_4$  позволяет оценить изменение затроемкости ресурсов, формирующих производственный потенциал, за счет изменения их структуры, представляющий собой результат вычисления корня квадратного из произведения  $T_{p.6.4.3}$ ,  $T_{p.6.5.3}$  – темпов роста блоков 4.3, 5.3 матричной модели (табл. 3).

- Оценка полученных показателей устойчивости использования ресурсно-производственного потенциала МУП «Жемчуг» показывает, что наиболее стабилен показатель  $РПП_4$ . Он свидетельствует об определенном улучшении взаимосвязи между материаль-

**Таблица 3. Темпы роста показателей использования ресурсно-производственного потенциала МУП «Жемчуг»**

Показатель	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.
РПП <sub>1</sub>	0,818	1,389	0,857
РПП <sub>2</sub>	0,915	1,366	0,975
РПП <sub>3</sub>	0,900	1,271	0,999
РПП <sub>4</sub>	0,983	0,931	1,023

ными и трудовыми ресурсами и об их более интенсивном использовании. Более высокий уровень колебания остальных показателей свидетельствует о недостаточной обоснованности тарифов по оказанию услуг. Показатели устойчивости использования производственного потенциала дают более детализированное представление о работе специализированной организации, чем просто показатели рентабельности и другие.

Матричное моделирование по оценке устойчивости использования ресурсно-производственного потенциала специализированной организации ЖКХ позволит получать информацию не только по обобщенной оценке применения ресурсно-производственного потенциала организации, но и относительно отдельных ее элементов.

Преимуществом данной методики является то, что расчет показателей РПП позволяет корректировать соответствующее направление деятельности исследуемого предприятия за счет воздействия на исходные показатели.

Прогноз характеристик, отражающих стабильность использования производственного потенциала, позволит определять вероятность развития эколого-экономической ситуации в регионе намного шире, чем простой мониторинг достижения индикаторов действующих региональных природоохранных программ, и выявлять слабые стороны региональной эколого-экономической политики.

При этом в матрицу целесообразно подключать те показатели, которые оказывают существенное влияние на экономическое развитие региона, на его экологическую обстановку. Позитивным моментом считается то, что введение в матрицу дополнительных параметров не приведет к изменениям в порядке реализации предлагаемой методики,

то есть матрица может принимать вид 8×8 или 10×10 при условии обоснования включаемых в матричную модель показателей.

### **Эколого-экономическое моделирование взаимосвязи показателей процесса обращения отходов**

Важным направлением в области тарифной политики специализированных организаций ЖКХ является совершенствование методов определения нормативов тарифов на вывоз твердых бытовых отходов, отражающих себестоимость оказываемых услуг, а также включение в тариф инвестиционной составляющей.

В рамках реализации модели процесса управления сферой обращения с твердыми бытовыми отходами необходим поиск оптимального уровня тарифа на сбор, вывоз и утилизацию твердых бытовых отходов, отражающий зависимость между показателями, влияющими на уровень тарифа на вывоз твердых бытовых отходов в регионе.

Определено, что существенными показателями являются численность населения (тыс. чел.), объем образующихся отходов (тыс. м<sup>3</sup>), тариф на вывоз твердых бытовых отходов (руб./м<sup>3</sup>), себестоимость по вывозу ТБО и прибыль (тыс. руб.).

Анализ показал, что существует тесная прямая взаимосвязь между численностью населения и объемом образующихся отходов (коэффициенты корреляции 0,94–0,96). Была выявлена также линейная зависимость между численностью населения, валовой себестоимостью и прибылью. Слабая нелинейная связь, варьирующая в анализируемом периоде от –0,21 до –0,003, наблюдается между тарифом на вывоз твердых бытовых отходов и численностью населения.

Расчет таких показателей, как удельное образование отходов, м<sup>3</sup>/чел., себестоимость на вывоз/утилизацию бытовых отходов (руб./м<sup>3</sup>), прибыль, заложенная в тариф (руб./м<sup>3</sup>), установил, что в средних по численности населения населенных пунктах значения тарифов высокие, в то время как в неболь-

ших (численность населения до 75 тыс. чел.) и крупных (свыше 150 тыс. чел.) населенных пунктах действуют более низкие тарифы.

Таким образом, выполненная группировка населенных пунктов Ставропольского края по уровню тарифов показала, что в регионе присутствует низкая эффективность процесса обращения с бытовыми отходами, особенно в средних по численности населения населенных пунктах.

Различное значение показателя удельного образования отходов в населенных пунктах Ставропольского края свидетельствует о недоучете образующихся бытовых отходов в районных центрах и, как следствие, о неэффективности применяемой экологической политики в области управления отходами. Особое внимание следует обратить на города-курорты и промышленные центры региона.

Группировка населенных пунктов по показателю себестоимости и прибыли также дала возможность разделить их на три группы: с низким, средним и высоким значением.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- 1) крупные населенные пункты в регионе более рационально используют средства на вывоз и утилизацию твердых бытовых отходов;
- 2) вероятен недоучет каких-то расходов и наличие других источников их покрытия.

Более реалистичным видится первое предположение, так как процесс обращения с отходами в крупных населенных пунктах организован эффективнее, чем в других населенных пунктах. При рассмотрении сельской местности, на наш взгляд, возможен и второй вариант.

Значит, применяемый в настоящее время тариф на утилизацию твердых бытовых отходов находится в отрыве от настоящих критериев финансирования специализированных организаций, а также от качества оказываемых услуг и потребительских предпочтений.

Порядок расчета тарифа, с одной стороны, считается затратостимулирующим, а с другой стороны – затрудняет привлечение ресурсов, так как структура себестоимости не соответствует структуре реальных финансовых потребностей.

Размер удельной прибыли делится подобно действующему тарифу для населения, поскольку специализированные организации ЖКХ закладывают фиксированный уровень рентабельности от 5 до 10% на утилизацию отходов.

Показатель удельной прибыли имеет высокий уровень вариации между различными населенными пунктами (коэффициент вариации в 2016 году – 31,1%, в 2017 году – 42,5 %).

В результате назрела необходимость поиска интегрального подхода к оценке эффективности осуществляемой деятельности специализированных организаций ЖКХ с обязательным учетом экологической составляющей.

Считаем, что использование показателя затратноотдачи, который характеризует объем утилизированных отходов, выраженных в м<sup>3</sup> на один рубль вложенных затрат, максимально репрезентативно отражает их эффективность. Необходимо считать, что, чем выше уровень затратноотдачи, тем выше эколого-экономическая эффективность процесса управления отходами. Расчетные значения показателя затратноотдачи в разрезе населенных пунктов региона приведены в *табл. 4*.

Населенные пункты Ставрополь, Невинномысск и райцентры Ставропольского края обладают наиболее высоким показателем затратноотдачи, что говорит о максимальной эффективности процесса управления отходами по сравнению с остальными населенными пунктами, которые отнесены к группам со средней и низкой затратноотдачей.

Доказательством оптимизации эколого-экономических показателей стало выявление между ними взаимосвязи с целью построения экономико-математической модели. Расчетное значение коэффициентов корреляции, характеризующих тесноту связи между результативным показателем затратноотдачей и факторами, показало, что затратноотдача по коэффициенту корреляции с 0,02 до -0,22 не имеет тесной линейной связи с удельным объемом образования отходов, но присутствует нелинейная связь с тарифом (коэффициент корреляции от -0,88

Таблица 4. Показатели обращения с отходами в населенных пунктах Ставропольского края

Населенный пункт	Объем отходов, тыс. м <sup>3</sup>					Валовая себестоимость, тыс. руб.					Затратоотдача, м <sup>3</sup> /руб.				
	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год
Ставрополь	691,8	693,3	694,9	696,7	763,6	74627,2	85544,2	73416,9	125684,7	215653,0	0,009	0,008	0,009	0,006	0,004
Пятигорск	269,5	273,0	296,0	368,0	391,1	39426,3	29256,5	65252,8	81035,2	86026,4	0,007	0,009	0,005	0,005	0,005
Кисловодск	175,2	174,4	183,7	193,5	200,0	34210,3	22520,6	50534,8	63164,9	63482,8	0,005	0,008	0,004	0,003	0,003
Ессентуки	132,1	135,1	147,1	219,5	152,6	19827,9	17077,3	29680,8	52209,3	44901,9	0,007	0,008	0,005	0,004	0,003
Железноводск	94,8	96,0	98,3	96,0	106,0	11041,0	8648,6	19304,6	24840,9	36474,6	0,009	0,011	0,005	0,004	0,003
Лермонтов	36,9	37,1	36,6	34,2	32,2	4489,0	2085,0	5171,9	7293,2	11576,3	0,008	0,018	0,007	0,005	0,003
Минеральные Воды	166,3	170,2	174,4	177,5	192,5	22308,3	21175,3	27924,6	35535,5	61335,8	0,007	0,008	0,006	0,005	0,003
Георгиевск	163,9	167,0	170,3	172,2	177,9	21524,8	15627,5	28763,9	32520,8	39131,4	0,008	0,011	0,006	0,005	0,005
Буденновск	125,1	124,5	123,2	121,0	119,4	10194,0	9544,7	19625,8	22166,6	24543,3	0,012	0,013	0,006	0,005	0,005
Невинномысск	191,7	197,5	198,9	200,7	209,6	11752,9	4879,2	16672,4	19659,2	22245,9	0,016	0,040	0,012	0,010	0,009
Райцентры	1096,8	1112,0	1232,0	1256,0	1284,3	113907,1	88235,1	157181,0	233332,6	260103,1	0,010	0,013	0,008	0,005	0,005

до -0,93). Затратоотдача, прибыль и себестоимость оценены по нелинейной взаимосвязи (коэффициент корреляции от -0,87 в 2015 году до -0,55 в 2017 году).

Данные расчеты позволяют считать тариф экономическим фактором, который будет использоваться при моделировании, а экологическим фактором будет считаться показатель удельного объема образования отходов в регионе.

В качестве математической модели, отражающей взаимосвязь между затратоотдачей, удельным объемом образования отходов и тарифом, используется регрессионная модель в виде полинома второй степени, характеризующая связь показателей, когда при росте одного показателя значения другого возрастают до определенного уровня, а потом происходит их постепенное снижение. В процессе произведенных расчетов была выявлена форма взаимосвязи – седловидная поверхность, позволяющая найти оптимальные соотношения показателей:

$$Y_x = a_1 + a_2x_1 + a_3x_2 + a_4x_1^2 + a_5x_1x_2 + a_6x_2^2, \quad (1)$$

где:

$a_1 \dots a_6$  – коэффициенты регрессии при факторных показателях;

$x_1$  – показатель удельного образования отходов, м<sup>3</sup>/чел.;

$x_2$  – тариф на вывоз твердых бытовых отходов, руб./м<sup>3</sup>.

Результаты полученной оценки взаимосвязи эколого-экономических факторов и затратоотдачи от оказания услуг по вывозу твердых бытовых отходов за анализируемый период, представлены в *табл. 5*.

Параметры приведенной модели характеризуют снижение затратоотдачи год от года и наличие минимума, стремящегося к нулю, а также и отсутствие максимума функции затратоотдачи. С каждым годом понижается показатель затратоотдачи и себестоимости при размеренном увеличении тарифов с 2014 года, и при этом удельный объем образования отходов возрастает за рассматриваемый период наименее быстрыми темпами. Данные обстоятельства свидетельствуют о понижении эколого-экономической эффективности процесса управления твердыми бытовыми отходами.

Расчетные характеристики, произведенные с помощью полученных моделей и методов экстраполяции, приведены в *табл. 6*.

Как видно из данных таблицы 6, наиболее высокие показатели затратоотдачи отмечаются в населенных пунктах Невинномысске, Пятигорске и райцентрах, средний уровень присутствует в населенных пунктах Ставрополь, Ессентуки, Георгиевск, во всех других населенных пунктах наблюдается невысокая степень затратоотдачи (*рис. 3*).

На основании прогнозных расчетов при среднем уровне образования отходов и среднем тарифе можно сделать вывод, что планируемый показатель затратоотдачи распо-

Таблица 5. Параметры модели затратноотдачи за 2012–2019 гг.

Год	Параметр регрессии					
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$
2013	0,0303956	-0,0018042	-0,0002335	0,0001635	0,0000089	0,0000005
2014	0,0627937	-0,0029509	-0,0008564	0,0002539	0,0000222	0,0000033
2015	0,0187678	0,0005087	-0,0001029	0,0002204	-0,0000077	0,0000002
2016	0,0233395	-0,0021773	-0,0001221	-0,0006513	0,0000207	0,0000001
2017	0,0136787	0,0008674	-0,0000585	0,0000086	-0,0000024	0,0000001
2018	0,0024584	0,0017131	0,0000030	-0,0004079	0,0000005	-0,000000024
2019	0,0021775	0,0027226	-0,0000120	-0,0008590	0,0000032	0,000000001
2020	0,0046899	0,0004701	0,0000176	0,0000177	-0,0000011	0,000000017

Таблица 6. Прогнозные значения показателя затратноотдачи в населенных пунктах Ставропольского края на 2018–2020 гг.

Населенный пункт	2018 год	2019 год	2020 год
Ставрополь	0,00360	0,00240	0,00120
Пятигорск	0,00380	0,00300	0,00220
Кисловодск	0,00190	0,00158	0,00010
Ессентуки	0,00180	0,00143	0,00011
Железноводск	0,00075	0,00020	0,00000
Лермонтов	0,00130	0,00100	0,00000
Минеральные Воды	0,00250	0,00205	0,00030
Георгиевск	0,00340	0,00220	0,00051
Буденновск	0,00410	0,00340	0,00001
Невинномысск	0,00420	0,00330	0,00285
Райцентры	0,00280	0,00116	0,00099

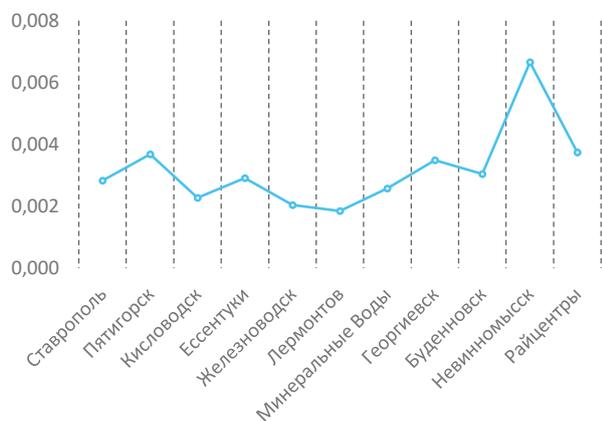


Рис. 3. Расчетный показатель затратноотдачи по населенным пунктам Ставропольского края на 2020 год, куб. м/руб.

лагается несколько ниже среднего значения за период 2018–2019 гг. 0,0032–0,0039 м³/руб. затрат. Это говорит о том, что зона относительного оптимума затратноотдачи располагается при уровне тарифа ниже среднего, составившего в 2018 году 50,6 руб., и удельном размере образования отходов ниже 3,3 м³ на человека.

Более детализированный анализ затратноотдачи выявил, что показатель содержит значение выше среднего при уровне тарифа, не превосходящем в 2019–2020 гг. 260,0 руб./м.

Итоги расчетов приведены в табл. 7.

Из существующих тенденций видно, что нижний предел тарифа по вывозу 1 м³ твердых бытовых отходов ориентируется настоящими затратами, которые сформировались по этому виду оказываемых услуг. Если тариф выше среднего уровня значения за определенный период, то такая тенденция говорит о невысокой эффективности вложенных затрат.

Результаты экономико-математического моделирования рекомендуется использовать для обоснования величины тарифа в зависимости от удельного образования отходов в регионе, сопоставления исследуемых параметров в различных населенных пунктах, поиска резервов понижения себестоимости оказываемых услуг.

Проведение расчетов на постоянной основе позволит сформировать информационное обеспечение осуществления мониторинга состояния окружающей среды в регионе и контролировать выполнение целевых показателей региональных программ, направленных на оптимизацию процесса обращения с отходами.

### Заключение

Одним из ведущих составляющих элементов управления твердыми бытовыми отходами считаются экономические инструменты, среди которых особое место занимает тарифная политика специализированных организаций ЖКХ.

Таблица 7. Расчетное значение затратоотдачи услуг по вывозу отходов

Тариф, руб./м <sup>3</sup>	Удельное образование отходов, м <sup>3</sup> /чел.							
	2019 год				2020 год			
	1,8–2,2	2,2–2,6	2,6–3,0	3,0–3,4	1,8–2,2	2,2–2,6	2,6–3,0	3,0–3,4
150–250	0,0034–0,0029	0,0033–0,0026	0,0029–0,0023	0,0029–0,0013	0,0032–0,0018	0,0034–0,0019	0,0034–0,0020	0,0037–0,0021
251–350	0,0029–0,0023	0,0029–0,0024	0,0029–0,0020	0,0023–0,0013	0,0019–0,0009	0,0020–0,0009	0,0021–0,0011	0,0023–0,0011
351–450	0,0025–0,0018	0,0025–0,0021	0,0024–0,0018	0,0020–0,0012	0,0009–0,0003	0,0010–0,0003	0,0011–0,00038	0,0012–0,0004
451–551	0,0021–0,0013	0,0021–0,0017	0,0021–0,0017	0,0018–0,0012	0,00004–0,00002	0,0003–0,00002	0,00038–0,00001	0,0007–0,0001

В целях улучшения тарифно-ценового механизма на оказание услуг по вывозу твердых бытовых отходов предлагается применять экономико-математические модели, где в качестве результативного показателя используется показатель затратоотдачи. Экономико-математическое моделирование возможно использовать в качестве действенной меры для корректирования тарифа на вывоз твердых бытовых отходов. Нельзя забывать о том, что связь между показателями процесса обращения отходов является нелинейной.

Наблюдаемая отрицательная тенденция развития эколого-экономических характеристик сферы обращения с твердыми бытовыми отходами обосновывает необходимость конфигурации отношений между производителями отходов и специализированными организациями ЖКХ, оказывающими услуги по вывозу и утилизации твердых бытовых отходов. Подобная конфигурация позволит увеличить эколого-экономическую эффективность процесса обращения с отходами и будет содействовать инвестиционной привлекательности данной сферы хозяйственной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гулин К.А. Проблема отходов в России и ее территориальные особенности // Проблемы развития территории. 2016. № 4. С. 7–23.
2. Belousov A.I. [et al.]. Adaptation of Balance Theories to the Assessment of Sustainable Economic Development of Business Units. *European Research Studies Journal*, 2017, vol. 20, no. 3B, pp. 76–83.
3. Косариков А.Н., Макаров П.В. Развитие обращения твердых бытовых отходов на постиндустриальном этапе // Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 8. 64 с.
4. Тихонова И.Н., Лега С.Н. Экологические проблемы образования и утилизации ТБО и строительных отходов в регионе КМВ // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. Т. 19. № 7. С. 49–53.
5. Тяглов С.Г., Пономарева М.А. Современные подходы к формированию системы индикаторов устойчивого развития региона // Вестн. Росс. экон. ун-та им. Г.В. Плеханова. 2013. № 6. С. 19–28.
6. Шелухина Е.А. Балансовые макроэкономические и микроэкономические математические модели эколого-экономических отношений в рамках устойчивого развития // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 14 (365). С. 20–31.
7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии // Твердые бытовые отходы. 2011. № 10. С. 10–15.
8. Бузовская А.Р. Социально-экономическое развитие города Ставрополь // Матрица научного познания. 2017. № 3. С. 76–81.
9. Учетно-аналитические вопросы в управлении отходами / А.И. Белоусов [и др.]. Ставрополь: ГУП СК «Ставропольская краевая типография», 2005. 204 с.
10. Васильев С. Управление отходами: из опыта ближнего зарубежья // Рециклинг отходов. 2009. № 3. С. 22–25.
11. Chapman J.L. *Ecology*. Cambridge: Second Edition, 2009. 336 p.
12. Klavins M., Filho W.L., Zaloksnis J. *Environment and Sustainable Development*. Riga: Academic Press University of Latvia, 2010. 300 p.
13. Mill R.S., Morrison A.M. *Nature and Ecology*. Boston: Prentice-Hall, 2009. 230 p.

14. Voronin P.M., Pavlenkov M.N., Larionov V.G. The method for Evaluation and Selection of Investment Projects in the Field of Municipal Waste Management. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, no. 47.
15. Whiting K.J., Schwager F.J. European Trends in The Thermal Treatment of Solid Wastes. *The ISWA (International Directory of Solid Waste Management) yearbook*, 1997, no. 8, pp. 284–288.
16. Боравский Б.В., Жуков В.В. Методика оценки экологической эффективности // Экология производства. 2013. № 5. С. 6–13.
17. Закалюкина Е.В. Сущность и значение экологических платежей для проведения природоохран-ных мероприятий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2012. № 3. С. 5–7.
18. Закалюкина Е.В. Эколого-экономические аспекты управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами: дис. ... канд. экон. наук. Ставрополь, 2013. 210 с.
19. Воронин П.М., Павленков М.Н. Организационно-экономические проблемы и направления утили-зации отходов // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. 2013. № 3 (3). С. 188–192.
20. Барышева О.Б., Хабибуллин Ю.Х., Мусин Б.Х. Метод утилизации твердых бытовых и промышлен-ных отходов // Изв. Казан. гос. архит.-строит. ун-та. 2017. № 1 (39). С. 294–301.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Белоусов Анатолий Иванович* – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтер-ского учета, анализа и аудита. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет». Россия, 355009, г. Ставрополь ул. Пушкина, д. 1. E-mail: belousov04@yandex.ru. Тел.: +7(8652) 95-68-00.

*Шелухина Елена Александровна* – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерско-го учета, анализа и аудита. Федеральное государственное автономное образовательное учреж-дение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет». Россия, 355009, г. Ставрополь ул. Пушкина, д. 1. E-mail: sheluhina1319@yandex.ru. Тел.: +7(8652) 95-68-00.

**Belousov A.I., Shelukhina E.A.**

### MODELING THE PROCESS OF SOLID WASTE MANAGEMENT AT THE REGIONAL LEVEL

*The article considers topical issues of regional models of household waste management, especially in terms of methodological justification of economic tools in this process. The author shows the impor-tance of strengthening ecological safety by means of neutralizing the damage to natural environment caused by consumption waste. The paper analyzes regional features of organization of waste manage-ment in the housing and utilities services of Stavropol Krai; as a result, a model for solid waste man-agement that includes the analytical and design blocks was developed. For the purposes of assessing the level of sufficiency of economic tools and minimizing the negative impact of consumer waste on re-gional environment, the tools were ranked using a system of criteria, followed by an assessment of the structural dynamics of changing the importance of economic tools in managing household waste in the short, medium and long term. The authors propose a matrix model for assessing the sustainability of the resource and production potential of specialized organizations within the housing and utilities services in the region, which showed the under-accounting of generated household waste in district centers, inefficiency of current environmental policy, underfunding of environmental programs and the need for urgent additional attention to the resort towns of Caucasian Mineral Waters. As a result, it is concluded that there is a pronounced tendency to reduce the efficiency of environmental costs and increase tariffs to neutralize the negative impact of waste. The results obtained in the course of economic and mathematical analysis and modeling are recommended to be used to substantiate the*

*value of the tariffs depending on the specific formation of household waste, comparative evaluation of the effectiveness of their neutralization in different municipalities, the formation of target environmental indicators showing the current condition of nature in the region.*

*Solid household waste, regional features, economic tools, return on costs, matrix model.*

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

*Belousov Anatolii Ivanovich* – Doctor of Economics, Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “North-Caucasus Federal University”. 1, Pushkin Street, Stavropol, 355009, Russian Federation. E-mail: belousov04@yandex.ru. Phone: + 7(8652) 95-68-00.

*Shelukhina Elena Aleksandrovna* – Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “North-Caucasus Federal University”. 1, Pushkin Street, Stavropol, 355009, Russian Federation. E-mail: sheluhina1319@yandex.ru. Phone: + 7(8652) 95-68-00.