

СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ: ЛОГИСТИЧЕСКИЙ, СТРОИТЕЛЬНЫЙ, ИНВЕСТИЦИОННЫЙ, ИННОВАЦИОННЫЙ АСПЕКТЫ

© 2014 А.А. Алексеев, Н.Е. Фомина, Е.П. Фомин*

Ключевые слова: система обращения с отходами, инновации, экономика строительства, региональная экономика.

Предложен теоретический подход к сценарному моделированию экономических показателей региональной системы обращения с отходами. Основа метода - 3-итерационный алгоритм, позволяющий исполнительным органам власти и инвесторам принять решение о логистических, объемных, технологических и экономических параметрах формирования региональной долгосрочной (на 10-25 лет) программы обращения с отходами.

Рост качества планирования региональных бюджетов выражается не столько в точности операционного планирования, сколько в видении средне- и долгосрочных перспектив экономического развития региона¹. В настоящее время наблюдается объективно позитивная тенденция: исполнительные органы власти формируют **региональные стратегические концепции** управления системой обращения с отходами². Уходит в прошлое “линейная”, “утилизационная” модель мусоропереработки: “точка накопления - транспортировка - захоронение на полигоне”. Экономическая и экологическая нерациональность данной модели давно доказана на теоретическом уровне осмысления проблемы и подтверждена практикой рециклинга отходов европейских стран³. Современная модель - это комплексная региональная система обращения с отходами (ее схема⁴ дополнена и представлена на рис. 1). Данная модель обладает следующими **признаками**:

1) формирование **единого** логистического, экономического и технологического пространства обращения с отходами в регионе;

2) переход от дотационной к **операционно-эффективной модели** управления обращением с отходами за счет интеграции промышленного сегмента переработки и реализации вторичного сырья;

3) использование **инновационных технологий**, обеспечивающих увеличение “глубины” переработки отходов для достижения положительного операционного результата рециклинга (см. на рис. 1 элементы, отмеченные ★);

4) **экономическое балансирование** операционной эффективности системы обращения и инвестиций в формировании объектов переработки.

Современные модели обращения описываются как “сложные”⁵: в них интегрируется ряд институциональных субъектов, относящихся к различным сферам деятельности, - производители отходов производства и потребления, транспортные компании, перерабатывающая индустрия и промышленные потребители вторичных ресурсов.

Именно в данном контексте возникает **задача** синтеза моделей оценки экономической результативности и эффективности региональных систем обращения с отходами. Модели и методы должны отвечать заявленным признакам, учитывать перспективную структуру ее субъектов и обладать потенциалом прямой и (или) сравнительной оценки экономической привлекательности проектируемой системы обращения с отходами. В указанном направлении работают многие российские ученые, и отдельные методические решения представлены в исследованиях

* Алексеев Андрей Алексеевич, доктор экономических наук, доцент. E-mail: idc@unecon.ru; Фомина Наталья Евгеньевна, кандидат экономических наук, доцент, докторант. E-mail: natalia.fomina@mail.ru. - Санкт-Петербургский государственный экономический университет; Фомин Евгений Пименович, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой налогообложения и аудита Самарского государственного экономического университета. E-mail: fomin@sseu.ru.

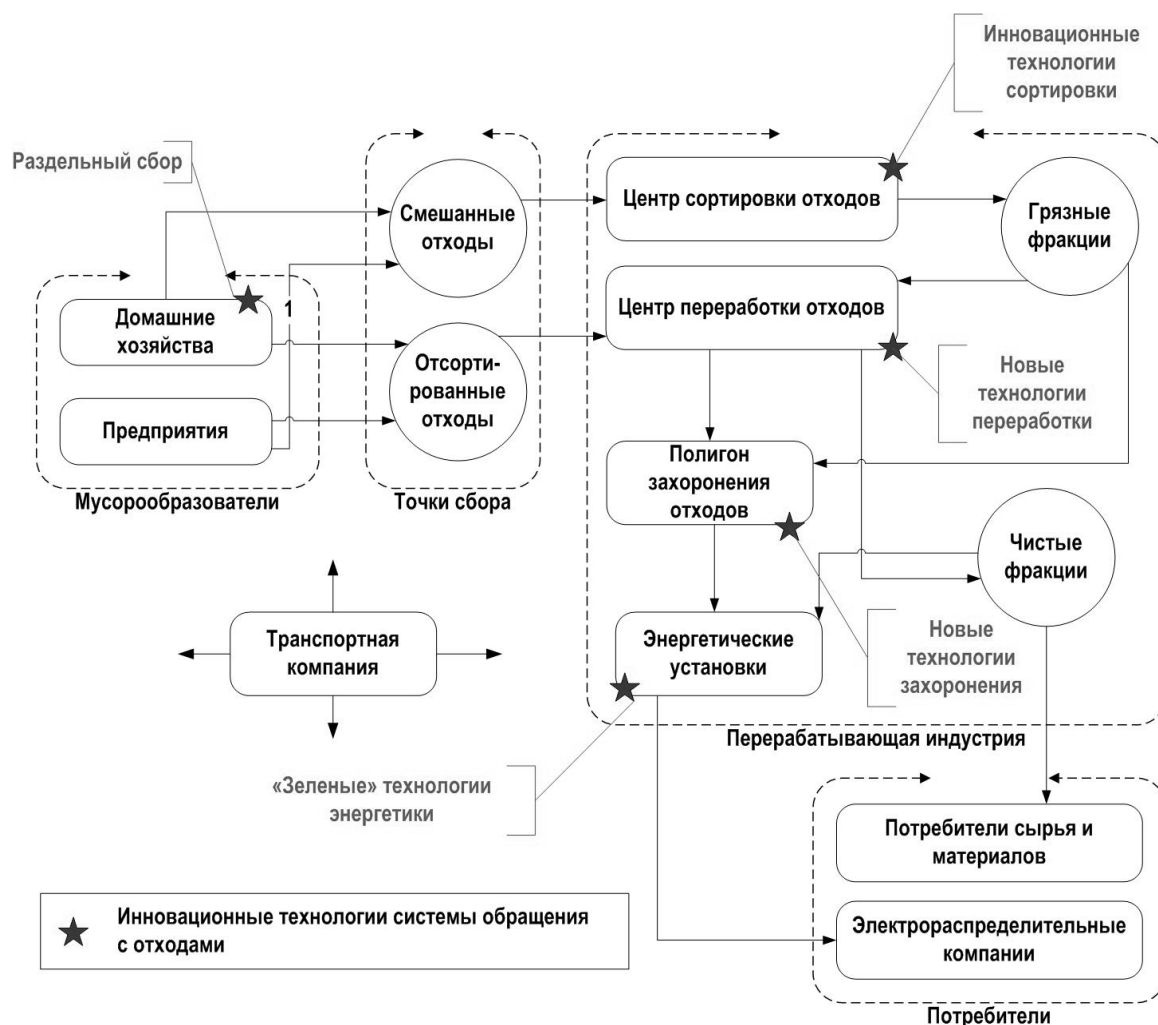


Рис. 1. Современная модель региональной системы обращения с отходами

А.Ю. Архангельского, А.В. Графовой, О.П. Дружакиной, М.Е. Краснянского, А. Бельгасема, О.Н. Калининна, И.А. Мещеряковой, Д.В. Щитова, К.С. Семченко, В.К. Хасановой, Н.В. Шильниковой и др. Тем не менее, в научной литературе пока не представлен целостный алгоритмический подход к выбору экономически эффективной концепции организации региональной системы управления обращением с отходами. Проектирующие организации, как правило, пользуются ситуационно создаваемыми схемами калькуляции, не обладающими объективным академическим базисом и возможностью репликации решения в последующих проектах. Именно поэтому авторами разработан и апробирован теоретически универсальный **алгоритм сценарного моделирования**⁶, позволяющий региональным исполнительным службам принимать решения о логистических, объемных, технологических и экономических параметрах формирования долгосроч-

ной (10-25 лет) программы обращения с отходами. Алгоритм сценарного моделирования региональной системы обращения с отходами построен как 3-итерационный:

- 1) создание альтернативных сценариев сбора, транспортировки, переработки и утилизации отходов;
- 2) оценка экономических показателей сценариев - объема инвестиций и операционного баланса;
- 3) сравнение и выбор сценария региональной системы обращения с отходами.

Рассмотрим последовательно содержание итераций алгоритма.

Итерация 1. Создание альтернативных сценариев. Под сценарием понимается вариант реализации системы управления отходами, количественно и качественно определенный по логистическим, объемным, технологическим и инвестиционным параметрам. Первично сценарии образуются на основе возможной вариативности логистических и

технологических параметров (рис. 2): маршруты транспортировки отходов, распределение точек накопления и перегруза, привязка к маршрутам и мощность сортирующих, перерабатывающих и сжигающих предприятий, расположение, численность и емкость полигонов захоронения. При этом все заявленные параметры должны проектироваться комплексно, образуя единую региональную сеть. В наиболее принципиальном виде вариативность можно представить как альтернативу длины транспортного маршрута до первичного объекта перегрузки, сортировки или переработки. В этом послыле авторы исходят из сложившейся практики - 60-80% бюджета операционных расходов системы обращения приходятся на транспортировку отходов⁷. Таким образом, противопоставляется дальность транспортировки количеству и мощности предприятий переработки. Можно выделить два категорических сценария (см. рис. 2): «транспортный» - высокая концент-

рация объектов переработки (единичные объекты высокой мощности) при большой дальности транспортировки; «кустовый» - большое количество объектов переработки (с относительно низкой мощностью) при коротком плече перевозки. Разумеется, возможно и проектирование ряда промежуточных сценариев, которые, как правило, и являются оптимальными.

Далее выбранные вариативные сценарии накладываются на первичную логистическую схему региона, имеющую картографическую форму (рис. 3)⁸, отражающую сложившиеся точки образования и захоронения отходов. Таким образом, концептуальные, принципиальные подходы (см. рис. 2) интерпретируются в конкретные сценарии, привязанные к географии объектов региона проектирования (см. рис. 3). Сформированные сценарии отражают вариации логистики, количества и производственной мощности объектов переработки.

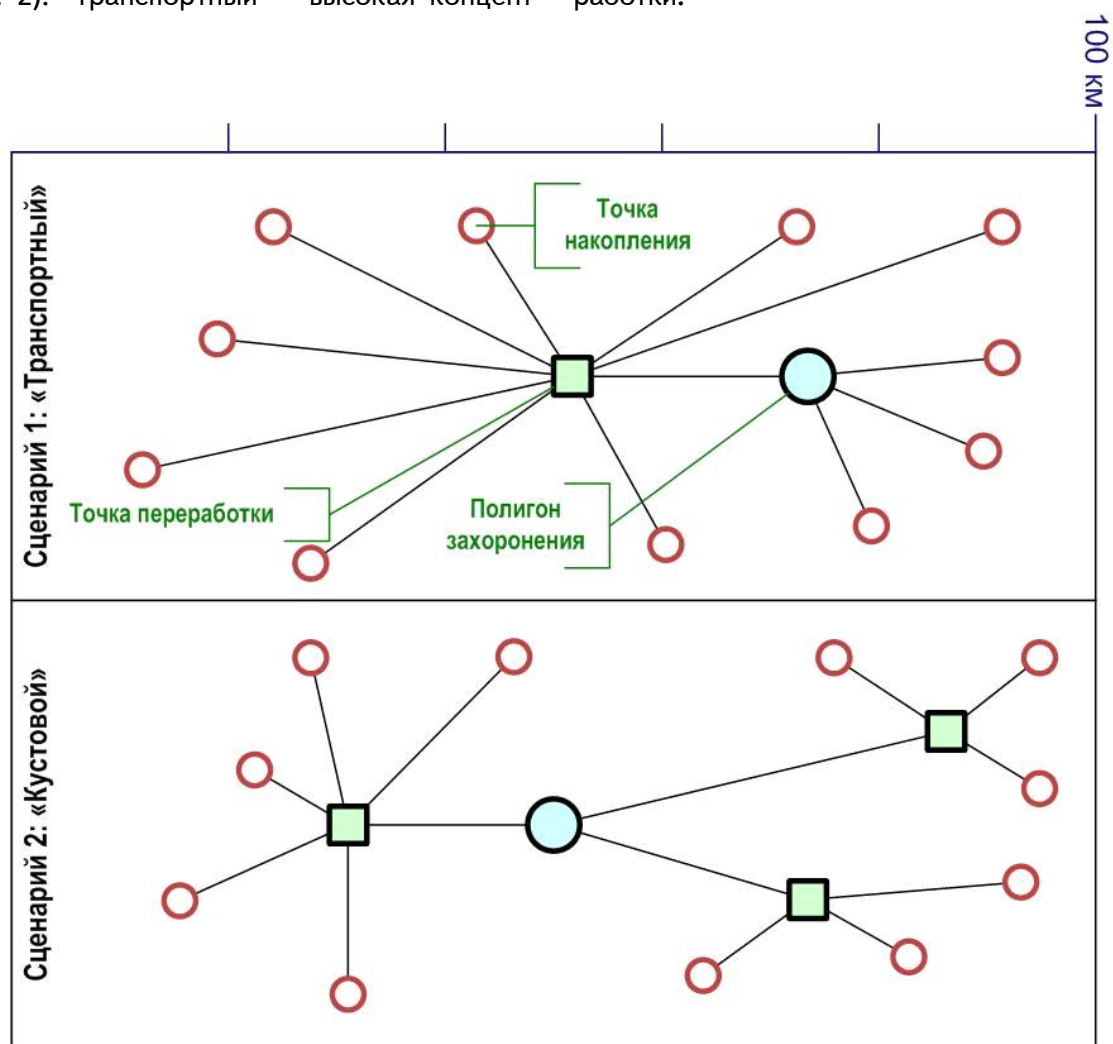


Рис. 2. Логика формирования сценариев региональной системы обращения с отходами

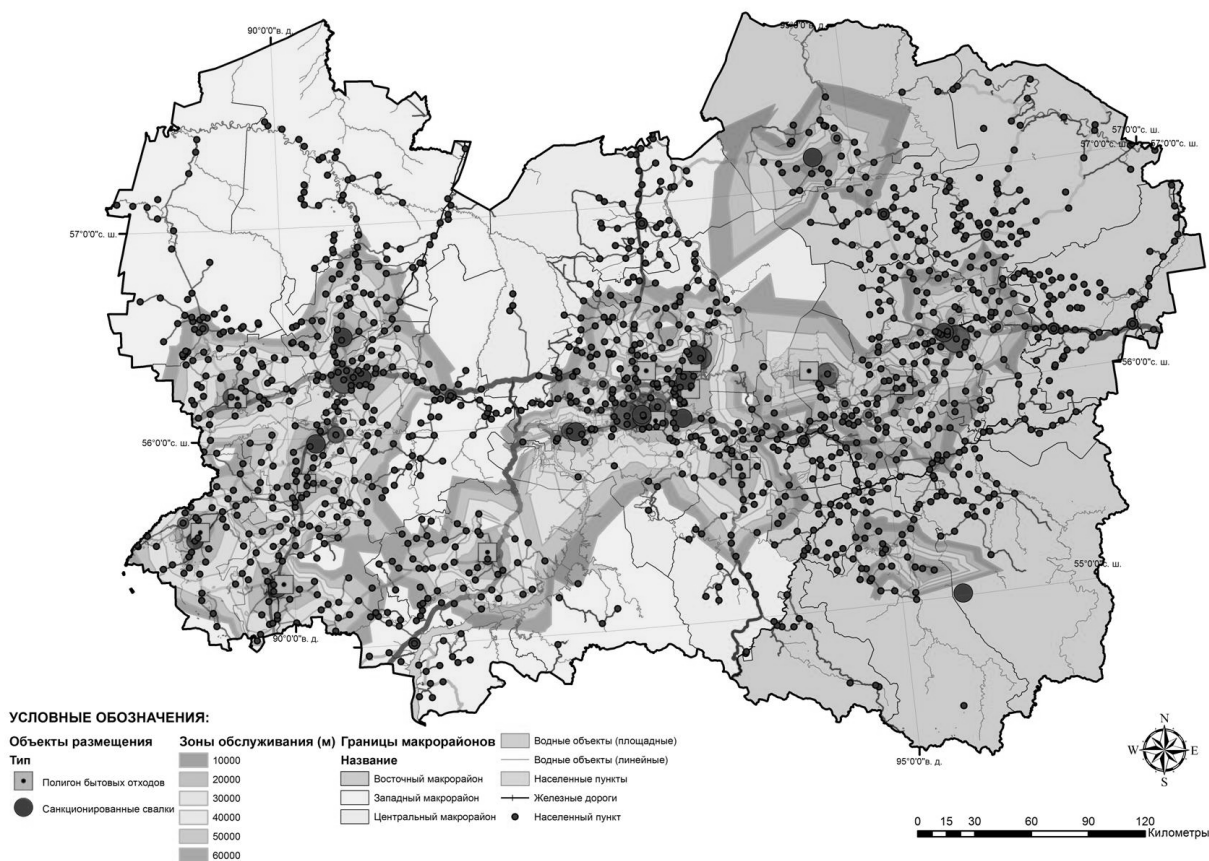


Рис. 3. Первичная логистическая схема системы обращения ТБО Западного, Центрального и Восточного макрорайонов Красноярского края

Наложение на картографическую форму с помощью геоинформационной системы позволяет рассчитать натуральные количественные **параметры сценариев**:

- 1) объем транспортируемых отходов с учетом прогноза их образования в перспективе проекта, т в год;
- 2) расстояния транспортировки по объемам и видам транспорта, т/км в год;
- 3) количество, мощность и место расположения перерабатывающих станций по видам: перегрузка, сортировка, переработка, сжигание, т в год;
- 4) количество, мощность и место расположения полигонов захоронения отходов, т, м³ в год;
- 5) сроки реконструкции и выбытия объектов переработки и захоронения (периоды).

Полученные количественные показатели позволяют перейти ко второй итерации - к оценке экономических параметров альтернативных сценариев.

Итерация 2. Оценка экономических показателей. Как и всякая экономическая система, региональная система обращения с отходами должна обладать финансовой, ин-

вестиционной целесообразностью. С позиции инвестора она рассматривается (минимальный критерий) как положительный уровень чистого дисконтированного дохода в перспективе функционирования системы обращения:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{IC_t}{(1+i)^t},$$

где *NPV* - чистый дисконтированный доход; экономический результат функционирования региональной системы обращения с отходами с позиции инвестора, руб.; *i* - ставка дисконтирования; *T* - проектная длительность функционирования региональной системы обращения с отходами, лет; *CF_t* - положительный операционный поток - операционный баланс хозяйственной деятельности всей системы обращения с отходами; *IC_t* - объем капитальных вложений (инвестиций) в строительство, реконструкцию зданий, сооружений и оборудования региональной системы обращения с отходами. В соответствии с инвестиционной логикой (уровень 1) необходимо оценить каждый сценарий в двух векторах:

♦ **инвестиционная стоимость** (IC_i) - совокупность затрат на формирование и развитие капитальных объектов региональной системы обращения с отходами на всей продолжительности периода функционирования (T);

♦ **операционная стоимость** (CF_i) - операционный баланс системы обращения с отходами как целостной хозяйственной системы, интерпретируемый как разница между операционной выручкой системы и операционными расходами на ее функционирование. Показатель рассчитывается по каждому периоду (году) функционирования региональной системы обращения с отходами.

Применительно к выделенным векторам авторами разработаны **структурные модели** оценки экономических показателей сценариев. Расчет инвестиционной стоимости (табл. 1) строится на проектных оценках капиталовложений по объектам системы обращения, привязанным к трем логическим этапам: сбор и транспортировка отходов; их переработка, утилизация. При оценке чистого дисконтированного дохода капитальные затраты на строительство и реконструкцию привязываются к временным этапам (годам) функционирования системы обращения, что позволяет соотнести денежные потоки от инвестиционной деятельности с текущей ставкой дисконтирования.

Применительно к операционной стоимости функционирования системы обращения

с отходами авторами синтезирована структурная модель расчета операционного баланса системы обращения с отходами (табл. 2). Операционный баланс рассматривается как разница доходных и затратных позиций, пересчитываемых исходя из натуральных показателей (итерация 1) и прогноза цен и тарифов. Переход к современным моделям организации системы обращения с отходами подразумевает значительный рост в структуре выручки доходов от продажи вторичного сырья (табл. 2, блок "B1"). В развитых странах ее объем доходит до 90% от объема положительного операционного потока⁹. При этом естественно снижаются тарифы на вывоз отходов и уровень дотаций из региональных бюджетов. Именно к такой модели (см. структурный баланс табл. 2) доходов региональной системы обращения необходимо стремиться при формировании проектных сценариев.

Расходная часть функционирования системы обращения построена как сумма операционных затрат на сбор, транспортировку и функционирование объектов капитального строительства. Операционные расходы рассматриваются как ежегодные затраты по отношению к спрогнозированному объему образования отходов.

Итерация 3. Сравнение и выбор сценария. Сравнение и выбор сценария, очевидно, могут быть построены на количествен-

Таблица 1

Структурная модель расчета капиталовложений, инвестиционных затрат системы обращения с отходами

Обозначение	Показатель	Формула расчета	Оценка среднего объема в структуре обращения, %*
	Капитальные затраты	A+B+C	100,00
A	Сбор и транспортировка	A1+A2+A3	0,38
A1	Обустройство контейнерных площадок		0,05
A2	Обустройство пунктов сбора опасных отходов		0,00
A3	Строительство станций перегруза		0,33
B	Переработка	B1+B2	26,45
B1	Строительство станций сортировки		8,00
B2	Строительство перерабатывающих предприятий		18,44
C	Утилизация	C1+C2+C3	73,17
C1	Строительство полигонов		3,13
C2	Рекультивация объектов захоронения отходов (полигонов)		23,71
C3	Строительство мусоросжигающих заводов		46,33

* Приводится по результатам оценки проектных материалов авторов. Данные показатели могут значительно отличаться при проектировании конкретного профиля региональной системы обращения с отходами, значительно варьируя при построении сценариев.

Таблица 2

Структурная модель расчета операционного баланса системы обращения с отходами

Обозначение	Показатель	Формула расчета	Оценка среднего объема в структуре обращения, %
Операционный баланс системы обращения с отходами		В-А	
А	Операционные затраты системы обращения	$A1+A2+A3$	100,000
A1	Сбор	$A11+...+A15$	8,821
A11	Операционные затраты на приобретение контейнеров и мешков		5,224
A12	Операционные затраты на обслуживание контейнеров		2,608
A13	Операционные затраты на обслуживание контейнерных площадок		0,914
A14	Операционные затраты на приобретение контейнеров для сбора опасных отходов		0,025
A15	Операционные затраты на обслуживание контейнеров для сбора опасных отходов (без вывоза)		0,051
A2	Транспортировка	$A21+A22+A23$	35,077
A21	Первичный поток (сбор отходов)		34,644
A22	Вторичный поток (перемещение, перегруз-переработка, переработка-полигон)		0,180
A23	Транспортирование отходов 1-3 классов опасности, образующихся в составе ТБО и собираемых отдельно		0,254
A3	Функционирование объектов капитального строительства	$A31+A32+A33$	56,102
A31	Операционные затраты на функционирование станций перегруза		0,210
A32	Операционные затраты на функционирование мусороперерабатывающих предприятий*		55,889
A33	Операционные затраты на функционирование полигонов		0,002
В	Выручка системы обращения	$B1+B2+B3$	100,0
B1	Вторичное сырье	$B11+...+B22$	94,6
B11	Картон		8,2
B12	Бумага		8,2
B13	ПЭТФ		16,3
B14	ПЭВД		8,3
B15	ПЭНД		2,4
B16	Полипропилен		5,9
B17	Стеклобой		5,3
B18	Металл черный		3,8
B19	Металл цветной		30,9
B20	Алюминий		5,4
B21	Топливо RDF		4,7
B22	Компост		0,7
B2	Выплаты мусорообразователей за вывоз отходов		2,0
B3	Субсидии из регионального бюджета		1,0

* Включая все элементы трансформации вторичного сырья (сортировка, сушка, пакетирование, переработка и т.д.).

ной оценке уровня чистого дисконтированного дохода. С формальной позиции, максимум дохода (минимум убытков) системы обращения является однозначным критерием предпочтительности. Но как показывает практика экономического проектирования, часто возникает ситуация низкого уровня дистан-

цирования экономических оценок сценариев - разброс значений меньше 20%. А при 15-25-летнем лаге проектирования такая дистанция количественных значений не позволяет однозначно утверждать преимущество сценария с наиболее высокой оценкой. В этом контексте авторами создан дополнительный

инструмент, позволяющий инвестору и региональным исполнительным органам обсудить и выбрать сценарий с позиции баланса инвестиций и операционных результатов функционирования системы обращения.

Предложенный инструмент выглядит как матрица, построенная в двух векторах (рис. 4): операционной и инвестиционной стоимости. Рассчитанные (см. табл. 1, 2) показатели сценариев располагаются в поле данных оценок (например, А, В, С). При этом можно выделить 4 квадранта матрицы, позволяющие определить ключевую характеристику рассматриваемого сценария.

Очевидно, что сценарии в квадранте “негативный” не могут быть приняты как обладающие завышенной инвестиционной стоимостью, не подкрепленной положительным итогом операционного баланса системы обращения. В противоположность ему квадрант “оптимальный” отражает сценарии с положительным уровнем операционного баланса при низком уровне инвестирования. Однако, как подсказывают практика экономического проектирования и здравый смысл, появление такого сценария сомнительно: ведь именно высокий уровень стартового инвестирования в высокие инновационные технологии переработки обеспечивает низкий уровень операционных затрат системы и, соответственно, высокую доходность. Именно такие сцена-

рии должны располагаться в квадранте “капиталоемкий”. Тем не менее, авторы не отрицают, а практика показывает¹⁰ состоятельность и актуальность внедрения сценариев из квадранта “эксплуатационный”. Они характеризуются относительно невысоким убытком системы обращения с отходами при минимальном уровне инвестиций. “Эксплуатационный” сценарий является сознательно “планово-убыточным” с позиции принимающего решение органа исполнительной власти. Как правило, в практике принятия решений относительно концепции формирования региональной системы обращения с отходами складывается именно такая альтернатива: между сценариями из квадрантов “эксплуатационный” и “капиталоемкий”. При высокой инвестиционной привлекательности региона принимается “капиталоемкий” сценарий, в противном случае - “эксплуатационный”.

Итак, в настоящей статье раскрыт методический подход к сценарному моделированию региональных систем обращения с отходами, отражающий логистический, строительный, инвестиционный, инновационный аспекты данного подхода. Предложенный метод адресован проектным организациям и региональным органам власти, формирующим техническое задание на проектирование региональной системы обращения с отходами.

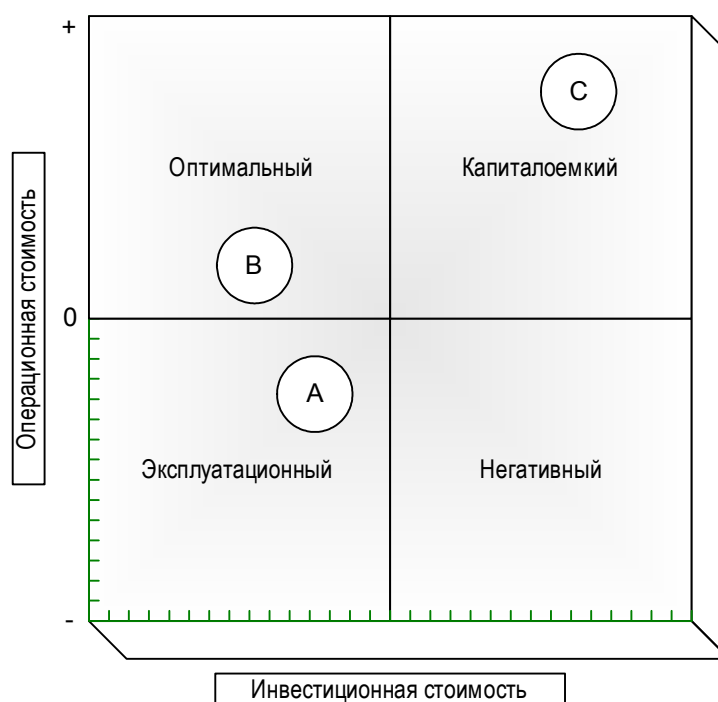


Рис. 4. Матрица сравнения сценариев региональной системы обращения с отходами

Авторы полагают, что разработанный подход может рассматриваться как теоретическая платформа дальнейшей детализации методов и алгоритмов экономического проектирования региональных систем обращения с отходами.

¹ *Фомина Н.Е.* Оптимизация бюджетных расходов (на примере Самарской области) // Вестник Самарского государственного экономического университета. Самара, 2009. № 5 (55). С. 126-128.

² См.: *Полыгалов С.В., Ильиных Г.В., Коротаев В.Н.* Комплексный подход к промышленной сортировке твердых бытовых отходов // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2013. Т. 1. С. 193-203; *Тараканов В.А.* Организация индустрии по переработке отходов // Твердые бытовые отходы. 2012. № 12 (78). С. 14-17; *Фомин Е.П., Назаров М.А., Федосеева С.В.* Развитие взаимодействия объектов инновационно-инвестиционной инфраструктуры. Самара : Изд-во Самарского государственного экономического университета, 2009.

³ *Sonesson U.* Modelling the waste collection - a general approach to calculate fuel consumption and time // Waste Management & Research 18. 2000. P. 115-123.

⁴ *Алексеев А.А.* Переработка отходов - инновационный сегмент промышленности // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2014. № 3. С. 17-23.

⁵ См.: *Замятина М.Ф., Фесенко Р.С.* Роль системы обращения с отходами производства и потребления в сбалансированном развитии региона // Экономика и управление. 2011. № 11 (73). С. 57-64; *Косариков А.Н., Макаров П.В.* Развитие обращения твердых бытовых отходов на постиндустриальном этапе // Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 8. С. 64-68.

⁶ Техничко-экономическое обоснование системы обращения с отходами Краснодарского края по государственному контракту № 326/13 от 6 марта 2014 г. "Генеральные схемы очистки территорий населенных пунктов Западного, Восточного и Центрального макрорайонов Краснодарского края". СПб. : ИПЭГ, 2014.

⁷ *Алексеев А.А.* Указ. соч.

⁸ Техничко-экономическое...

⁹ *Алексеев А.А., Карлик А.Е., Махатадзе Л.П.* Развитие региональной системы управления отходами: опыт проекта SE500 // Экономика и управление. 2013. № 4 (90). С. 12-18.

¹⁰ Техничко-экономическое...

Поступила в редакцию 09.10.2014 г.