



Концептуальные направления развития инженерно-технических систем жизнеобеспечения городского хозяйства в области обращения с отходами

© Э.С. Цховребов¹, У.Д. Ниязгулов²

¹Академия безопасности и специальных программ, г. Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Россия

Резюме: Цель – формирование концептуальных основ создания экологически безопасной системы обращения с ценной ресурсной составляющей отходов с организацией последующего повторного использования в хозяйственном обороте (на примере комплексов строительства и коммунального хозяйства как основных жизнеобеспечивающих структур муниципальных образований). Методология исследования основывается на применении комплекса разноплановых научно-исследовательских методов, факторного и экспертного анализа, априорного ранжирования, SWIFT- и PEST-анализа, обобщения, аналогии, классификации и композиции. Приведены достигнутые результаты собственных исследований в области создания концепций и стратегий в сфере обращения с отходами и вторичными ресурсами. В процессе системного анализа области обращения с отходами определены доминантные факторы и пути повышения ее эффективности, ресурсосберегающей направленности и экологической безопасности. Полученные результаты свидетельствуют о возможности налаживания эффективной системы вовлечения ресурсной составляющей отходов строительства и коммунального хозяйства в экономический цикл. Выявлены группы факторов, ограничений, сценарных условий, способствующих успешному созданию и перспективному развитию системы обращения с вторичными ресурсами в рассматриваемых отраслях и секторах экономики, угрозы и риски в процессе ее становления и функционирования, представлен комплекс научно-методических подходов к их системному анализу. В работе предложены основные концептуальные направления и механизмы создания и развития системы обращения с вторичными ресурсами, образующимися в результате отходообразующей деятельности строительного и коммунального комплексов городского хозяйства муниципальных образований, обеспечивающие решение проблем экологической безопасности территорий регионов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, ресурсосбережение, строительство и коммунальное хозяйство, вторичные ресурсы, твердые коммунальные и строительные отходы, вторичное сырье, раздельный сбор, обработка, утилизация отходов

Для цитирования: Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. Концептуальные направления развития инженерно-технических систем жизнеобеспечения городского хозяйства в области обращения с отходами. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 1. С. 94–111. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-94-111>

Conceptual directions in the development of life support engineering and technical systems in an urban economy in the field of waste management

Eduard S. Tshovrebov, Ural D. Niyazgulov

Academy of Safety and Special Programs, Moscow, Russia

Russian University of Transport, Moscow, Russia

Abstract: The goal is the formation of conceptual foundations for creating an environmentally safe system for handling the valuable resource component of waste with the organization of subsequent recycling in economic circulation (a case study of construction and utility facilities as the main life-supporting structures of municipalities). The research methodology was based on the use of a set of diverse research methods, factor and expert analysis, prior ranking, SWIFT and PEST analysis, generalization, analogy, classification, and composition. The results of the authors' research in creating concepts and strategies in the field of waste management and secondary resources are pre-

sented. In the process of system analysis of waste management, the dominant factors and ways to enhance its efficiency, resource-saving focus, and environmental safety have been identified. The results obtained indicate the possibility of establishing an effective system for involving the resource component of construction and municipal waste into the economic cycle. The groups of factors, restrictions, scenario conditions, contributing to a successful creation and long-term development of a system of handling secondary resources in the considered industries and sectors of the economy, threats and risks in the process of its formation and functioning were identified; a set of scientific and methodological approaches to their system analysis was presented. The paper proposes the main conceptual directions and tools for the creation and development of a system for handling secondary resources formed as a result of waste-generating activities of construction and utility facilities of the urban economy of municipalities, which provide a solution to the problems of environmental safety of the regions.

Keywords: ecological safety, the savings of resources, building and municipal service, secondary resources firm municipal and building waste, secondary raw materials, separate gathering, processing, recycling of a waste

For citation: Tshovrebov ES, Niyazgulov UD. Conceptual directions in the development of life support engineering and technical systems in an urban economy in the field of waste management. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(1):94–111. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-94-111>

Введение

Современный этап развития России характеризуется крайне высоким уровнем потребления материально-сырьевых ресурсов, вызванным экспортно-сырьевой направленностью развития национальной экономики. В комплексе с ростом потребления различных видов продукции, товаров, материалов и изделий негативным последствием таких тенденций становится ежегодный устойчивый рост количества образующихся опасных отходов производства и потребления [1–4].

Аналогичные актуальные вызовы затрагивают все мировое сообщество. В целях обеспечения устойчивого социально-экономического и промышленного развития экологические и ресурсосберегающие стратегии, концепции и программы США, Японии, Китая, стран Европейского Союза в сфере управления, регулирования обращения с отходами предусматривают оптимальное решение этих проблем на всех стадиях инвестиционного процесса [5–9].

На предпроектной и проектной стадиях разрабатываются и выполняются требования экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения, повторного использования отходов, применения экологичных, безопасных материалов и изделий с использованием вторичного сырья, экологические и санитарные ограничения, регламентируемые в документации на размещение, проектирование, строительство, ре-

конструкцию и ликвидацию различных объектов. Сформирована система «зеленых» стандартов, технологий экологически безопасного «зеленого» строительства, эффективно реализующая ресурсосберегающие механизмы стандартизации, регулирования, контроля, аудита и управления [10–14]. На стадии материального производства предотвращение, снижение образования отходов, обеспечение максимального повторного их использования в виде вторичных ресурсов (ВР) реализуется в ведущих странах мира путем внедрения малоотходных и безотходных технологий, селективного сбора, замкнутых технологических процессов, снижением материалоемкости продукции, потерь материалов, рациональной организацией производства и иными организационно-техническими мероприятиями. На стадии потребления приоритетными мерами служат: создание экономических видов упаковки, обеспечивающих ее рециклинг и реуперацию, отдельный сбор отходов, увеличение срока службы товаров и другие меры [15, 16].

Из образующихся ежегодно в России более 700 млн т отходов (без учета деятельности по добыче полезных ископаемых) не менее 3,6% образует ЖКХ, 2,1% – строительство. В связи с программами реновации, сноса ветхого жилья, развитием строительной индустрии вклад отходов строительства, ремонта и сноса в общей величине образования, по экспертным оценкам, имеет тенденцию к росту до значений 6–7%. Обращение с упомянутыми отходами – основными источниками поступления на

полигоны и свалки – становится актуальной и значимой проблемой экологической безопасности территорий. Несмотря на проводимую «мусорную» реформу, продолжающаяся в регионах практика размещения отходов в природной среде способствует ее повсеместному загрязнению, возникновению экологического вреда, а также зон чрезвычайной ситуации. В результате занятая местами захоронения площадь земельных участков в России составляет порядка 4 млн га, что сопоставимо с территориями Швейцарии, Дании, Нидерландов и, к тому же, ежегодно увеличивается примерно на 10%. Экологическую проблему национального масштаба значимо усугубляет исчерпание полигонами эксплуатационных мощностей, приводящее к росту числа несанкционированных свалок. Прогрессирующий экономический ущерб в результате загрязнения компонентов природной среды, нерационального изъятия природных ресурсов оценен на заседании Государственного совета от 27.12.2016 г. по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» в объеме 6% от ВВП. Возникающая социальная напряженность, связанная с ухудшением качества окружающей среды, затрагивающего жизнь и здоровье населения, будущих поколений, также ставит проблему обращения с отходами в ряд стратегических, требующих неотложного решения на государственном уровне.

Сложившаяся десятилетиями отечественная экологически опасная система обращения с отходами требует коренной организационно-технической реорганизации от преимущественного захоронения к эффективно действующей в мире ресурсосберегающей системе, основанной на применении инновационных, высокотехнологичных, экологически безопасных методов, технологий раздельного сбора, обработки, использования вторичных ресурсов [17–19].

Реализация обозначенных актуальных задач невозможна без создания новых научно-методических подходов к формированию современных ресурсосберегающих организационно-технических систем на базе схем и концепций стратегического планирования, прогрессивных методов организации и управления, в основе которых лежат рациональные, обоснованные, эффективные научно-технические решения, соответствующие общепринятым в мировом сообществе приоритетам в области обращения с отходами, обеспечения экологической

безопасности, устойчивого развития, охраны здоровья людей, принципам преемственности наилучших практик отраслевого планирования, технического регулирования и стандартизации [20].

Формирование концептуальных подходов к организации экологически безопасной системы обращения с ресурсным потенциалом отходов строительства и городского хозяйства как основных жизнеобеспечивающих структур регионов и муниципальных образований является в настоящее время актуальной и значимой научно-технической задачей федерально- и отраслевого уровней.

Обозначенные факторы определили выбор темы исследования, его цель, задачи, методы, способы и поэтапный алгоритм проведения.

Методы

Материалами для проведения настоящего исследования послужили: законодательная база в области охраны окружающей среды и обращения с отходами, опубликованные результаты научных исследований отечественных и зарубежных авторов, информационные данные, материалы собственных исследований.

Научное исследование реализуется посредством применения комплекса разноплановых научно-исследовательских методов: факторного и экспертного анализа, априорного ранжирования, SWIFT- и PEST-анализа, обобщения, аналогии, классификации, композиции.

Результаты и их обсуждение

Первоочередная задача исследования – это обобщение, консолидация, интеграция информационной базы, с одной стороны, о внутренней и внешней среде системы для прогноза и оценки изменения параметров, условий, способов, вариантов ее качественного улучшения, реорганизации, актуализации, перспективного устойчивого развития, позволяющих дать всесторонний анализ влияния различных групп факторов на механизмы, процессы ее работы и, с другой стороны, о воздействии самой системы на состояние и изменение изучаемых факторов.

В ходе исследования адаптирована комбинация известных научно-исследовательских (качественных аналитических, логических, статистических) методов для последовательного применения в новой предметной области обращения с ВР. По результатам обработки полученных информационно-статистических данных специальными способами и приемами, с последующим преобразованием, сформирована группа доминантных факторов, определяющих пути повышения эффективности, ре-

сурсосберегающей, природоохранной направленности действующей системы обращения с отходами, выделены основные направления стратегического планирования и составляющие механизма экологически безопасного использования ресурсной составляющей.

После анализа сложившихся общемировых, национальных тенденций установлены группы факторов, непосредственным или опосредованным образом влияющих на механизм обращения с отходами: правовые, ресурсные, организационно-технические, социальные, экономические, регулятивно-управленческие, экологические. Акцентируется внимание на том, что выделенный широкий спектр разноплановых многомерных факторов не дает возможности для обоснованной всесторонней оценки и однозначной интерпретации анализируемого процесса и связанных с ним показателей в случае применения одного или даже нескольких однотипных методов исследования.

По результатам анализа применяемых методов оценки многоуровневой области обращения с отходами установлено, что основной проблемой выбора необходимого и достаточного комплекса методических инструментов является отнесение изучаемой переменной, характеризующей конкретный процесс или этап обращения, к двум и более факторам, влияющим на их параметры, свойства, в том числе экологическую, природно-ресурсную, экономическую компоненту.

В ходе выбора оптимального комплекса исследовательских инструментов выдвинута гипотеза, заключающаяся в том, что на этапах выявления в изучаемой системе групп сложившихся противоречий, не дающих оснований квалифицировать ее состояние и свойства как экологически безопасные, а также поиска концептуальных направлений формирования ресурсосберегающего механизма системы в качестве оптимальных методов научного исследования могут выступать факторный и экспертный анализ. Она содержит предположение, что комбинирование и адаптация означенных методов применительно к объекту и предмету исследования позволяют обеспечить всестороннюю, углубленную, обоснованную оценку изучаемой проблемы на базе обобщения и систематизации актуальной информации в области методов управления отходами, передовых научно-

практических достижений и результатов, технологий, накопленного опыта и знаний.

При оценке комплекса инструментов для решения поставленных задач установлены основания целесообразности применения факторного анализа, позволяющего разделить массив переменных на малое число групп или факторов, а их классификацию осуществить по критерию корреляции между переменными. Реализация метода дала возможность объединить в один значимый фактор несколько показателей, тесно коррелирующих между собой, слабо или вообще не коррелирующих с другими переменными, определяющими мало-значимые факторы, с последующим сокращением состава показателей, выделяя их релевантные категории, выявлением из несистематизированного массива данных переменных, значимо характеризующих изучаемую предметную область.

При поэтапной реализации методологии исследования первоначальная задача сводилась к идентификации, классификации, группировке достоверной, объективной информации, носителями которой служат категории респондентов, участвующие на профессиональном уровне в работе системы обращения с отходами. В соответствии с данным принципом в качестве исследовательских групп выбраны категории информационных источников, реализующих означенную деятельность на различных организационно-управленческих, научно-техническом и производственном уровнях: представители предпринимательства; государственных органов – федеральных (Минэкономразвития, Минприроды, Минпромторг, Минтранс, Минстрой, Минэнерго России), региональных (департаменты природных ресурсов и экологии, ЖКХ, строительства); хозяйствующих субъектов; профессиональных объединений переработчиков отходов. Определены приоритетные категории информационной составляющей изучаемой области: научные публикации, выступления на конференциях, круглых столах, в СМИ, государственные доклады, ведомственные отчеты, нормативно-техническая документация, НИР, прогнозы, стратегии, концепции, программы. В ходе исследования респонденты оценивались по широкому кругу параметров: информационному, статусному (руководитель, специалист, депутат, эксперт, научный работник, бизнесмен), дате, актуальности информации и ряду других.

При формировании переменных по однородным группам (сегментам, категориям), раз-

личным параметрам, а также результирующей переменной представлялось необходимым решить две исследовательские задачи. Во-первых, выявить схожие (тесно коррелирующие между собой) положения, мнения, утверждения с последующим их разделением на однородные группы:

а) характеризующие различные аспекты непосредственно области обращения с отходами и ВР;

б) взаимосвязанные, взаимозависимые с другими сферами общественных отношений (экономических, социальных, научно-технических, правовых, экологических, технологических);

в) определяемые на всех уровнях взаимодействия (федеральный, региональный, местный) и этапах обращения с отходами.

Во-вторых, необходимо было выделить группы схожих по значению параметров.

Как показало исследование, поставленные задачи не представлялось возможным решить методами логической регрессии или дискриминантного анализа в силу отсутствия зависимой результирующей переменной при наличии только лишь независимых равнозначных параметров.

Сложность использования факторного анализа заключалась в необходимости обоснованного трактования полученных неоднозначных для интерпретации доводов, аргументов различных респондентов с точки зрения их рациональности, объяснимости, применимости с учетом множества правовых, организационно-технических, иных противоречий.

В целях оптимального решения поставленной исследовательской задачи, получения более достоверного и однозначно интерпретируемого результата в работе реализован методический прием, основанный на дополнении факторного анализа методами группировки и экспертных оценок. Существенными и значимыми признавались экспертные оценки в области права, экономики, экологии, управления, технологий групп профильных специалистов, обладающих весомым объемом достоверной информации по рассматриваемой проблеме, активной гражданской позицией и желанием изменить сложившуюся негативную ситуацию в данной сфере, достаточным уровнем рациональности, кругозора, креативности мышления, профессионализма, практического опыта и знаний в различных аспектах предметной области; свободных от коммерческих или личных предпочтений в отношении оценки сложившихся противो-

речий и путей их разрешения.

Применение экспертного анализа осуществлялось по широкому кругу вопросов, связанных с рассматриваемой актуальной проблемой: объективные и субъективные причины сложившейся ситуации, ее прогнозирование при действующей системе или в случае принятия комплекса неотложных мер по налаживанию ресурсосбережения, максимального использования ресурсного потенциала отходов; поиск обоснованных инновационных путей решения задач обеспечения экологической безопасности в рамках технологической, экономической, экологической ситуации вокруг сферы обращения с отходами; выбор оптимального варианта решения среди имеющихся.

При обработке значительного массива информации исследование дополнялось методом априорного ранжирования, позволяющего из большого числа факторов выделить наиболее важные для дальнейшего изучения и отсеять несущественные. Вклад каждого фактора оценивался по величине ранга, отведенного экспертом конкретному показателю в процессе ранжирования всей выборки с учетом предполагаемого влияния на результирующие параметры, путем определения места факторов в ранжированном ряду. Данный подход позволил более объективно принять или отвергнуть предварительные гипотезы, связанные с причинами возникновения проблемы, дать сравнительную оценку влияния различных факторов на сложившиеся противоречия, исключив малозначимые из дальнейшего рассмотрения. Развитие методологии исследования путем расширения состава методов обеспечило возможность более обоснованной классификации респондентов на целевые экспертные группы на основании выделенных значимых характеристик, позволив реализовать задачи, не поддающиеся решению аналитическим и логическим способом.

Исследование осуществлено поэтапно в соответствии с действующими методиками проведения экспертного анализа, ранжирования и экспертных оценок.

Этап 1. Формирование экспертной комиссии. В анализируемой выборке исследованию подлежало компетентное мнение $m = 86$ экспертов, включая 20 руководителей и специалистов ассоциаций в сфере обращения с отходами, 5 представителей научного и экспертного сообщества, 6 федеральных и 46 региональных органов исполнительной власти, 9 руководителей и ИТР промышленных, научно-производственных компаний. Число анализируемых факторов составило $n = 65$. В связи со значительной величиной выборки и сложно-

стью расчетов анализ проводился параллельно в два подэтапа: $n = 44$, $m = 16$ (ассоциации переработчиков отходов) и $n = 21$, $m = 70$ (органы государственной власти, представители научного, экспертного сообщества).

Этап 2. Сбор мнений специалистов осуществлялся путем анкетного опроса по письменному запросу Минпромторга России в рамках формирования проекта плана мероприятий Стратегии. Оценку степени значимости параметров эксперты производили путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт давал наивысшую оценку, присваивался ранг 1. В случае признания экспертом нескольких факторов равнозначными, им присваивался одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса составлялась сводная матрица рангов.

Этап 3. Оптимизация сводной матрицы рангов. В ходе проведения расчетов в системе *Excel*, в матрице выявлялись связанные ранги (одинаковый ранговый номер) в оценках экспертов, что вызывало необходимость их переформирования. Переформирование рангов осуществлялось без изменения мнения эксперта, т.е. между ранговыми номерами сохранялись соответствующие соотношения (больше, меньше или равно), с учетом исключения возможности проставления ранга ниже значения, равного количеству параметров ($n = 21$), в целях обеспечения корректности расчетов при составлении матрицы рангов. На основании переформирования рангов строилась новая матрица рангов. Результаты опроса экспертов обрабатывались в следующей последовательности: определение суммы рангов по факторам $\sum x_{ij}$, разности (Δi) между суммой каждого фактора и средней суммой рангов, суммы квадратов отклонений, где x_{ij} – ранг каждого i -го фактора у j -го исследователя. Проверка показала: суммы по столбцам матрицы равны между собой и контрольной сумме, что позволило утверждать о корректности составления матрицы.

Этап 4. Анализ значимости исследуемых факторов, позволивший в соответствии с общепринятой методикой ранжирования распределить факторы по значимости в табличной форме.

Этап 5. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов. С учетом необходимости балльной оценки, анализ степени согласованности мнений

экспертов проводился посредством расчета коэффициента вариации, характеризующего условную меру различий мнений экспертов в отношении к средней величине групповой оценки, в порядке определения параметров:

а) величины дисперсии D_j оценок, данных j -му фактору;

б) среднего квадратичного отклонения оценок, полученных j -м фактором;

в) коэффициента вариации оценок, полученных j -м фактором, исчисленных по общепринятым методикам расчета и оценки.

В случае значения коэффициента вариации $\leq 0,30$ степень согласованности экспертов оценивалась как низкая, при значении коэффициента вариации $\leq 0,20$ квалифицировалась в качестве высокой. Рассчитанные коэффициенты вариации позволили определить оценку степени согласованности мнений экспертов как достаточную для выбора окончательных решений.

Этап 6. Оценка значимости с помощью коэффициента конкордации. В связи с наличием ситуации, при которой были выявлены связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта), проводилась оценка степени согласованности мнений экспертов с применением коэффициента конкордации (согласия) W (коэффициента Кендалла). При значении расчетной суммы гипотеза о наличии согласованности мнений исследователей принималась в случае, если при заданном числе степеней свободы табличное значение χ^2 составляло меньше расчетного для 5%-го уровня значимости. Для этой цели оценивался критерий согласования Пирсона. Вычисленный χ^2 сравнивался с табличным значением для числа степеней свободы $K = n - 1 = 43$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$. Так как χ^2 расчетный (159,62) превысил табличный (61,65), сформировано утверждение, что ($W = 0,23$) – величина не случайная, полученные результаты достоверны, могут применяться в дальнейших исследованиях. Проведенная оценка дала возможность установить степень согласованности мнений экспертов по всем положениям.

Системное применение факторного анализа, методов ранжирования и экспертных оценок позволило осуществить формулирование сложившихся проблем, путей их решения в рамках правового поля, общепринятой терминологии с позиций реальности, единообразия толкования, однозначности, точности, исключения возможной смысловой неопределенности, обеспечения научной обоснованности, нацеленности на достижение поставленных

задач исследования. Принималось во внимание, что результаты проведенного комплексного анализа позволяют систематизировать информацию, необходимую для подготовки и принятия научно-практических решений в рамках исследуемой актуальной проблемы и не подменяют собой нормативную базу и уже принятые основные стратегические направления действий в области обращения с отходами.

Доминантные факторы и пути повышения эффективности и экологической безопасности действующей системы обращения с отходами, установленные на основе согласованного мнения экспертов, определяющие приоритетные направления по ее реорганизации, актуализации и вместе с тем одновременно являющиеся предметом научных исследований и изысканий в рамках научно-технического развития России в обобщенном виде, представлены на рис. 1.

Близкими к согласованному мнению определены: необходимость комплексной программы по обращению с отходами (I и II классов опасности, крупногабаритного мусора (КГМ), строительства и сноса), требований по внедрению раздельного сбора и сортировке отходов.

Всесторонний анализ действующей системы обращения с отходами показал от-

сутствие эффективного механизма использования ВР и их вовлечения в хозяйственный оборот, экономических стимулов к ресурсосбережению, раздельному сбору отходов, развитию инфраструктуры. Результаты проведенного анализа, принимая во внимание недостаточность социально-экономической, ресурсосберегающей ориентированности и целенаправленности действующей системы, дают основание сделать вывод о необходимости ее реорганизации, актуализации, совершенствования с трансформацией в инновационную систему обращения с ВР.

Концептуальная особенность исследовательского подхода предопределила необходимость формирования системы обращения с ВР в качестве комплексной программы мер, направленных на создание организационно-технических, экономических, правовых, регулятивных условий в целях вовлечения ресурсного потенциала ТКО и строительных отходов в хозяйственный оборот без их поступления в природную среду, развития технологической инфраструктуры. Выделенный спектр проблем послужил основанием для выбора комбинации методов анализа в качестве логико-аналитического инструмента, позволяющего обоснованно реализовать поставленные задачи.

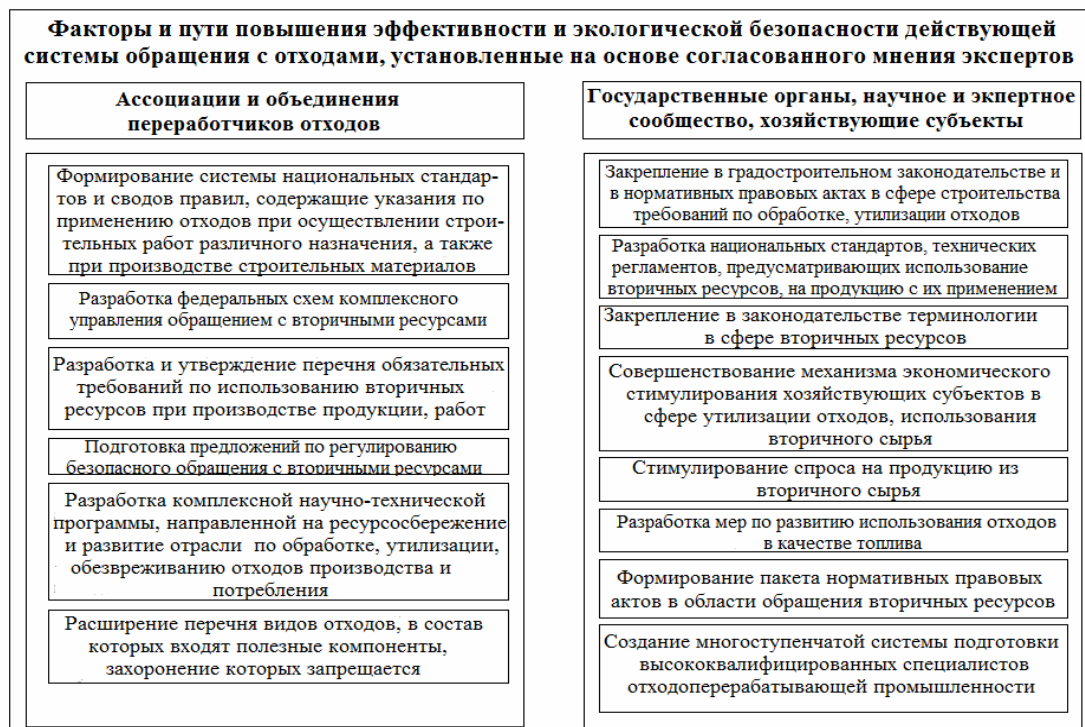


Рис. 1. Доминантные факторы и пути повышения эффективности и экологической безопасности действующей системы обращения с отходами

Fig. 1. Dominant factors and ways to increase efficiency and ecological safety of operating system of the reference with a waste

В рамках адаптации известных способов и их приложения в новой предметной области исследование различных взаимосвязанных аспектов, отражающих концептуальные основы создания новой системы, впервые реализовано с применением методов PEST- и SWIFT-анализа. PEST-анализ, с учетом предназначения и методических возможностей, применялся в части комплексной оценки степени влияния внешних и внутренних факторов на создание и перспективное развитие системы обращения с ВР, их значимости, характера и причин изменения.

При выборе формы, уровня и вида PEST-анализа большое значение имела всесторонняя оценка полноты и состава исследуемых групп факторов: PEST: Political + Economical + Social + Technological (политические, экономические, социальные, технологические); PESTEL: PEST + Environmental / Ecological + Legal (PEST + природоохранные (экологические) + правовые); PESTELI: PESTEL + Industry analysis (PESTEL-анализ, дополненный отраслевым анализом рынка и уровня индустриализации); LONGPEST: PESTELI + Local + National + Global factors (PEST-анализ с оценкой факторов на местном, региональном, отраслевом и национальном уровне).

Выбор окончательного инструмента PEST-анализа осуществлялся с учетом масштаба, общественно-политической, социально-экономической значимости решаемой экологической задачи.

Принимая во внимание многофункциональность, взаимосвязь и взаимозависимость системы обращения с ВР со всеми сторонами общественных отношений, в качестве инструмента комплексного исследования был выбран LONGPEST-анализ факторов на местном, региональном, отраслевом, общегосударственном уровне, в рамках следования общемировым принципам и приоритетам в области обращения с отходами, ресурсосбережения, экологической безопасности.

Научно-исследовательская проблема, разрешаемая в результате применения PEST-анализа, состояла не только в комплексной оценке степени влияния внешних и внутренних факторов на создание и перспективное развитие системы обращения с ВР, но и в прогнозе его изменения в пер-

спективе, что позволит использовать полученные информационно-аналитические данные для разработки концептуальных основ формирования системы обращения с ВР.

Особенности и состав аналитического инструментария означенного метода предопределили возможность его системного применения в комплексе со SWIFT-анализом при разработке сценарных условий перспективного развития системы, прогнозировании возможных рисков ее создания и функционирования.

В ходе комплексного исследования по общепринятым методикам SWIFT-анализа и PEST-анализа информационной базой послужили полученные результаты, основанные на применении методов ранжирования и априорных оценок экспертами значимости различных факторов и интуитивных доводах об альтернативных вариантах мер, путей решения поставленной проблемы.

В соответствии с общепринятой методикой PEST-анализ осуществлялся в рамках пяти последовательных взаимосвязанных этапов. Для автоматизации математических расчетов применялся специальный расчетно-аналитический шаблон «PEST» на базе платформы *Exel-2007*.

PEST-этап 1: определение внешних факторов для PEST-анализа. Согласно принятому уровню проводимого анализа (LONG) составлялся перечень факторов, которые могут повлиять на формирование и перспективное развитие системы, классифицированный по группам (табл. 1).

По результатам проведенного анализа обращается внимание, что целевая направленность, научно-техническая проработка принятых территориальных схем и региональных программ в области обращения с отходами, не рассматривающих эффективные направления применения ресурсной составляющей значительных по объему образования ТКО и строительных отходов, перспективы развития технологической инфраструктуры использования ВР, так и не обеспечили формирование ресурсосберегающего механизма функционирования этой важнейшей сферы, привели в регионах к росту тарифов для населения и предпрятий на вывоз мусора, продолжению экологически опасной практики преимущественного захоронения подобных отходов.

PEST-этап 2: определение степени влияния факторов. После выбора всех доминантных факторов влияния осуществлена оценка силы влияния каждого из них.

Таблица 1. Исходная форма анализа: группировка факторов воздействия на систему

Table 1. The initial form of the analysis: grouping of factors that influence the system

Факторы воздействия на систему	
<i>(P) POLITICAL – политические факторы внешней среды</i>	
Политическая стабильность в стране, регионе, муниципальном образовании	Внешнеполитическая ситуация, определяющая уровень международного сотрудничества
Обеспечение равноправного участия в экологической деятельности всех сторон общества, доступности информации	Социально-политическая напряженность. Наличие экологических факторов политической напряженности и нестабильности
Политическая поддержка деятельности общественных экологических организаций	Политическая воля в решении задач природоохранной направленности
Уровень бюрократии, коррупции, преступности в регулятивно-управленческой, экономической, контрольно-надзорной сферах	Тенденции к монополизации рынков, рейдерским захватам предприятий, политическому протекционизму
<i>(E) ECONOMIC – экономические факторы внешней среды</i>	
Состояние и перспективы экономического развития региона, муниципального образования, городского хозяйства	Основные финансово-экономические показатели субъекта РФ (ВНП и ВВП, объем экспорта, поступления в бюджеты и др.)
Финансово-экономическое состояние хозяйствующих субъектов: действующих, потенциальных переработчиков и потребителей ресурсной составляющей отходов	Степень конкурентоспособности российских компаний, занятых в сфере извлечения, сбора, обработки, использования ВР на внутреннем и внешнем рынках
Возможности экономического стимулирования развития бизнеса в сфере вовлечения ВР в хозяйственный оборот	Зависимость товарного рынка ВР и развития инфраструктуры от мировых и национальных финансово-экономических процессов
Инвестиционная активность	Платежно-налоговая нагрузка на субъекты
Зависимость внутреннего рынка ВР от импортных технологий, оборудования, потенциал импортозамещения в этой сфере	Возможность повышения востребованности, качества продукции, работ, энергии с применением вторсырья на внешнем и внутреннем рынках
Уровень конкурентоспособности в сфере обращения с отходами и ВР	Состояние и перспективы развития межотраслевого и межсубъектного взаимодействия
Наличие товарно-сырьевых рынков, основанных на принципах свободной торговли, равноправия, демонаполизации, конкурентоспособности товаров и сырья	Уровень и колебания цен на природные и вторичные ресурсы; возможности продвижения продукции с применением вторичного сырья на внешние и внутренние товарные рынки
Уровень доходов населения	Инвестиционный и деловой климат
<i>(S) SOCIAL – социальные факторы внешней среды</i>	
Доля трудоспособного населения, уровень и темпы его миграции	Демографическая ситуация (прирост населения, уровень смертности и пр.)
Уровень безработицы	Уровень образования и профподготовки
Состояние и перспективы развития строительства, ЖКХ, объектов социальной сферы	Условия для подготовки, повышения уровня квалификации, переподготовки кадров
Социально-производственные условия жизнедеятельности	Уровень и структура заболеваемости, санитарно-эпидемиологическая ситуация
Факторы влияния социально-культурной среды на рынок (требования к безопасности, качеству товаров, продуктов, отношение к отечественной и импортной продукции и пр.)	Уровень и структура потребления продукции, работ, услуг, энергии, ресурсов. Культура потребления (бережливость, расточительность, обращение с остатками, упаковкой, тарой и пр.)
<i>(T) TECHNOLOGICAL – технологические факторы внешней среды</i>	
Наличие предприятий по выпуску высокотехнологичного оборудования, техники	Уровень и возможности внедрения НДТ в отходоперерабатывающей сфере
Наличие научных центров, наукоградов, научно-производственных кластеров	Уровень индустриального развития муниципального образования, региона
Обеспеченность современным высокотехнологичным оборудованием, возможность развития индустриальной базы по их выпуску	Уровень, условия обеспечения импортозамещения видов техники, оборудования, машин для организации системы обращения с ВР

Продолжение таблицы 1

Факторы воздействия на систему	
<i>(E) ENVIRONMENTAL / ECOLOGICAL – эколого-природно-ресурсные факторы</i>	
Климатические, географические, геологические, гидрологические	Преобладающие формы деятельности в области обращения с отходами
Уровень фонового загрязнения компонентов окружающей среды	Наличие, мощность, сроки эксплуатации объектов размещения отходов
Обеспеченность водными ресурсами технологического водоснабжения	Резервы земельных ресурсов для размещения инфраструктуры обращения с ВР
Количественная и качественная оценка запасов и изъятия природных ресурсов. Потенциальная возможность их замены ВР	Частота, причины и условия возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
Градостроительные и территориальные условия для размещения инфраструктуры	Санитарно-гигиенические условия для размещения инфраструктуры обращения с ВР
Наличие потенциальных или существующих зон ЧЭС, экологического бедствия	Экологические условия для размещения инфраструктуры обращения с ВР
<i>(L) LEGAL – правовые факторы внешней среды</i>	
Наличие регионального законодательства в сфере обращения с отходами	Наличие принятой территориальной схемы обращения с отходами, в т.ч. с ТКО
Наличие регионального законодательства в сфере повторного использования ВР	Наличие нормативно-правовой поддержки бизнеса в сфере экологии и ресурсосбережения
Закрепленные в правовых актах обоснованные нормативы сбора и накопления ТКО и КГМ для населения и предприятий	Наличие правовой базы экономического стимулирования деятельности по ресурсосбережению, вовлечению ВР в хозяйственный оборот
Возможности соблюдения ограничительных правовых норм, нормативов стандартов при размещении инфраструктуры обращения с ВР	Стандартизация и регламентация процессов ресурсосбережения, применения ВР в процессе деятельности хозяйствующих субъектов
<i>(I) INDUSTRY ANALYSIS – внешние факторы уровня индустриализации и анализа рынка</i>	
Спрос и предложение на вторичное сырье, продукцию, работы с их использованием	Спрос и предложение на энергоресурсы, включая их альтернативные виды
Уровень и перспективы развития предприятий различных отраслей экономики – источников и потребителей ВР	Наличие и мощности действующих отходоперерабатывающих предприятий, перспективы их развития
Состояние и перспективы развития дорожно-транспортной инфраструктуры, систем логистики, маркетинга, складского хозяйства	Возможности расширения, технического перевооружения действующих предприятий для организации вовлечения ВР в экономический цикл
Уровень развития информационных коммуникаций: связи, интернета и пр.	Обеспечение доступа к информации об инновациях, НДТ, технологической среде

Сила влияния фактора оценивалась по шкале от 0 до 2: 0 – отсутствие влияния; 1 – незначительное влияние; 2 – значительное влияние фактора, любые колебания вызывают значимые изменения в системе. Результаты оценки степени влияния факторов заносились в соответствующую форму.

PEST-этап 3: оценка вероятности изменения фактора внешней среды. Вероятность колебаний оценивалась по шкале от «1», означающей минимальную вероятность изменения фактора, до «5», обозначающей максимальную вероятность. Анализ осуществлялся по результатам проведения экспертных оценок в рамках системных исследований работы, информации из литературных источников. После выставления всех оценок в таблице определялось

среднее арифметическое по ним.

PEST-этап 4: оценка реальной значимости факторов, рассчитываемая как вероятность изменения фактора, взвешенная на силу его влияния на объект изучения, позволившая оценить, насколько при формировании стратегии обращения с ВР следует учитывать факторы изменения внешней среды. Задача этапа состояла в получении взвешенной оценки соотношения значимости фактора и объема средств, мер по снижению его негативного влияния на изучаемую систему.

PEST-этап 5: составление результирующей формы (таблицы) PEST-анализа. Завершающим шагом анализа послужило приведение всех количественных оценок в качественные итоговые в матричном виде, что представлено в табл. 2, в которой размещены все факторы в порядке убывания своей значимости.

Для завершения анализа делались окончательные выводы по воздействию каждого фактора на систему, отрасль, регион, государство, дающие возможность планировать стратегии снижения негативного влияния рассматриваемого фактора и максимального использования положительного влияния фактора на формирование и устойчивое развитие системы, развивая тем самым сильные стороны системы с учетом представляющихся возможностей, ослабляя слабые стороны и минимизируя всевозможные угрозы и риски.

На основе проведенного системного анализа сложившихся факторов, условий, прогнозируемых тенденций выявлен и систематизирован перечень характерных особенностей формирования системы обращения с ВР в России в ближайшей и среднесрочной перспективе:

- территориальная привязка к промышленным и иным объектам – источникам образования ВР;
- стремление к обеспечению высокой рентабельности продукции в краткосрочном периоде;
- ориентация на развитие научно-промышленных симбиозов по инновационным направлениям НТР; развитие новых структурных форм финансово-организационного взаимодействия: государственно-частное партнерство, *Hi-Tech Park*, эко-индустриальный парк и др.;
- взаимовыгодное экономическое партнерство хозяйствующих субъектов различных отраслей экономики на основе материально-сырьевых, товарных, энергетических потоков;
- межотраслевое и межсубъектное взаимодействие хозяйствующих субъектов смежных отраслей и секторов экономики, развитие горизонтальных экономических связей по предмету правового и экономического регулирования «отходы – вторичное сырье – продукция (работы, услуги)»;
- внедрение ресурсосберегающих, малоотходных технологий, снижающих административную, экономическую нагрузку на хозяйствующие субъекты в сфере охраны окружающей среды.

Полученные в процессе логико-аналитической оценки ключевых тенденций и факторов данные второй и третьей строк результирующей формы LONGPEST-анализа предоставили возможность идентифицировать, структурировать по соответствующим группам возможные риски создания и внедрения организационно-

технической системы обращения с ВР и ее обеспечивающей технологической инфраструктуры, а последней строки – стратегические направления и концептуальные основы формирования механизма системы обращения с ВР.

При реализации методологии исследования на данном этапе системный анализ эффективно дополнялся SWIFT-анализом, отнесенным к качественным методам оценки наступления прогнозных событий и основанным на изучении всех факторов воздействия формируемой системы: экологических, географических, климатологических, экономических, производственно-технических и иных, соответствия внешним и внутренним условиям, ограничениям, требованиям, недоучет которых несет различные по степени опасности угрозы и риски для заказчиков, инвесторов проектов.

Методика SWIFT-анализа послужила системным инструментом в части всесторонней оценки: как, каким образом и в каком отношении на организационно-техническую систему повлияют отклонения от нормального функционирования с учетом всевозможных факторов, условий, ограничений. Исследование с применением методики SWIFT-анализа ориентировалось на предмет исследования – производственно-хозяйственную деятельность по обращению с отходами и ВР в рамках функционального взаимодействия организационно-технической системы обращения с ВР, обеспечивающей технологической инфраструктуры с объектами строительства и городского хозяйства, образующими ТКО и строительные отходы. Использование методического инструмента позволило изучать и оценивать сложные, взаимосвязанные причины, реакцию системы на внешние отклонения при достижении конечного результата, а не только последствия отказа отдельных системных процессов и компонентов в ходе функционирования объекта исследования, а также последствий возникших или внесенных каких-либо изменений, сценариев развития, угроз, рисков в результате осуществления организационно-технической и управленческой деятельности.

В рамках методики исследования каждая угроза и потенциальная возможность воздействия на нее оценивались по следующим параметрам: насколько высока вероятность ее наступления; каким образом и в каком масштабе это может повлиять на систему; какие возможности обеспечат предотвращение, снижение, преодоление, минимизацию, ликвидацию угрозы. Данный вид анализа обеспечил

проведение идентификации, классификации рисков и опасностей таким образом, чтобы результаты можно было применять для количественного исследования, составлять планы их предотвращения, сни-

жения негативного воздействия на всех стадиях инвестиционного процесса, а также при планировании деятельности в сфере строительства, реконструкции, эксплуатации, ликвидации (сноса) объектов недвижимости.

Таблица 2. Результирующая форма LONGPEST-анализа (выдержка)

Table 2. Resultant form of the LONGPEST-analysis (endurance)

Группы факторов (технологические)	– наличие предприятий по выпуску высокотехнологичного оборудования, техники; – наличие научных центров, наукоградов, научно-производственных кластеров; – обеспеченность современным высокотехнологичным оборудованием, техникой, машинами, возможность развития индустриальной базы по их выпуску; – уровень и возможности внедрения НДТ в отходоперерабатывающей сфере; – уровень индустриального развития муниципального образования, региона; – уровень и условия обеспечения импортозамещения видов техники, оборудования, машин
Изменения в городском хозяйстве муниципального образования	– инфраструктура оптимально «вписывается» в существующую инфраструктуру городского хозяйства и обеспечивает бесперебойную устойчивую циклическую производственно-хозяйственную систему работы коммунального комплекса в сфере обращения с отходами, ВР; – система норм, тарифов, налогов, сборов обеспечивает поступление необходимых финансовых средств в местный бюджет для развития системы ЖКХ, благоустройства; – развитие парка спецавтохозяйства, специального оборудования, техники и дорожно-транспортной инфраструктуры; – решение проблем обращения с основными группами отходов городского хозяйства: ТКО, КГМ, электронного и электротехнического оборудования, строительства, ремонта, сноса (демонтажа) объектов; – развитие благоустройства городской инфраструктуры, природно-антропогенных объектов с использованием продукции и работ с применением местного вторичного сырья из ВР; – обеспечение чистоты и порядка; – снижение платежей за размещение отходов и штрафных санкций
Изменения в строительном комплексе	– применение сравнительно дешевых материалов, сырья из ВР; – внедрение новых материалов с улучшенными технико-эксплуатационными свойствами; – повышение уровня механовооруженности, технической оснащенности; – сокращение потерь сырья, материалов; – рационализация и оптимизация схем, методов производства работ; – снижение платежей за размещение отходов и штрафных санкций
Необходимые действия	– государственная, отраслевая и муниципальная поддержка и экономическое стимулирование выпуска продукции, проведения работ с применением ВР, деятельности по вовлечению ВР в хозяйственный оборот, производству инновационного оборудования, техники; – нормативно-правовая и кадровая поддержка

Выходные данные комбинации научно-исследовательских методов SWIFT- и PEST-анализа послужили информационно-аналитической базой для определения и квалификации возможных потенциальных угроз формированию и перспективному развитию технологической инфраструктуры в виде реестра с ранжированными по рискам действиями или задачами, служащими основой для плана обработки и преодоления рисков, определяемыми в рамках последующих этапов проведения систем-

ного анализа.

В ходе идентификации, классификации, изучения и выбора всевозможных потенциальных или реальных рисков из всего перечня угроз выбирались доминантные, непосредственным или опосредованным образом влияющие на устойчивое развитие комплексов строительства и городского хозяйства муниципальных образований, сохранение природной среды и природоресурсного потенциала, здоровья граждан, обеспечение экологической безопасности.

Оценка рисков производилась в следующей последовательности:

а) идентификация рисков по источникам возникновения и характеру влияния на решение проблемы данным способом;

б) качественная и количественная оценка;

в) выбор принципиальных способов реагирования на возникновение рисков и методов их минимизации.

По характеру возникновения и влияния в процессе формирования организационно-технической системы обращения с ВР риски классифицированы на восемь групп: политические, технологические, макроэкономические, микроэкономические, экологические, организационные, социальные, правовые.

Реализация методологии исследования завершена определением прогнозных сценариев регионального и отраслевого развития при внедрении системы или без такового, на базе оценки рисков, возникающих при отсутствии возможных корректирующих мероприятий и воздействий.

По результатам исследований сформированы сценарные условия развития сис-

темы по двум группам сценариев, регламентированным в Прогнозе НТР России: «Технологическая адаптация», содержащая два подсценария – «Пессимистичный» и «Консервативный», а также «Технологический рывок», включающий подсценарии «Реалистичный» и «Инновационный».

Принимая во внимание выделенные противоречия в системе стратегического планирования, управления, регулирования сферы обращения с отходами, приводящие к экологическим рискам и угрозам экологической безопасности территорий, концептуальное отличие авторского научного подхода от применяемых в настоящее время состоит в разработке стратегических основ и механизма формирования обращения с ресурсной составляющей ТКО и строительных отходов в качестве безопасного для природы и человека товарно-сырьевого продукта.

Полученные в процессе логико-аналитической оценки ключевых тенденций и факторов данные результирующей формы LONGPEST-анализа предоставили возможность сформировать стратегические направления и концептуальные основы механизма изучаемой системы (рис. 2).



Рис. 2. Основные составляющие механизма комплексного использования вторичных ресурсов
Fig. 2. The basic components of the mechanism of complex use of secondary resources

В работе акцентировано внимание на том, что ни в одном из регионов либо отрасли экономики, включая строительный комплекс, концепции использования ВР не разрабатывались. Основной ресурсосбере-

гающей идеей концепции служит создание организационно-технических, правовых, экономических условий для повышения эффективности использования ресурсов техногенного происхождения в рамках формирования эко-

номики замкнутого цикла. В результате ее функционирования остатки продукции и сырья в форме ВР, образовавшихся в процессе ремонтно-строительного производства, оказания услуг или потребления в системе ЖКХ, не выводятся из оборота в виде отходов, попадающих в природную среду, а идентифицируются в качестве сырьевого ресурса для производства различных видов продукции, работ, энергии.

В процессе формирования механизма концепции принималось во внимание, что все решения, принимаемые на различных уровнях прогнозирования, планирования, организации, управления обращением с ВР, должны в максимально возможной степени соответствовать наиболее полному удовлетворению потребностей всех сторон общества (государства, бизнеса, товаропроизводителей, населения).

Уровень развития инфраструктуры обращения с ВР как элемента производительных сил рассматривается в качестве аргумента, функцией которого является степень удовлетворения непроектных потребностей общества или потребления.

Правовой базой концепции является выделение ВР в качестве отдельной юридической и технической категории результатов производственно-хозяйственной деятельности или процессов потребления, а также институциональное и техническое регулирование обращения с ними с учетом особенностей обращения таких ресурсов.

Предметом правового регулирования служат отношения, возникающие в связи с обращением с ВР для производства продукции, работ, энергии, оказания услуг либо для применения для собственных нужд или реализации иным лицам.

В основе документа методически закреплены концептуальные положения, определяющие комплекс организационно-технического, управленческого, экономического, правового обеспечения эффективной и оптимальной реализации принципов обращения с ВР, приоритетные направления действий по решению поставленных общегосударственных и отраслевых задач, система целевых показателей, индикаторы и сценарные условия развития строительного и коммунального комплекса городского хозяйства во взаимозависимости с обеспечением показателей, требований, уровней экологически безопасного обращения с отходами и ВР. Методология разработки концепции по основным направлениям реали-

зации механизма обращения с ВР состоит из 11 этапов.

Алгоритм формирования этапов создания и реализации стратегического плана управления обращением с ВР приведен в виде блок-схемы на рис. 3.

Проведенное системное исследование представляет возможность утверждать, что основными генераторами механизма обращения с ВР выступают: правовое, техническое и экономическое регулирование, научно-технологическое развитие, стандартизация, регламентация понятийного аппарата, этапов обращения, экологические и иные ограничения опасной хозяйственной деятельности, межотраслевое, межведомственное, межсубъектное взаимодействие.

Результаты системного анализа послужили информационно-аналитической базой формирования проекта концепции обращения с ВР и положены в основу научно-методической составляющей прогнозных сценариев Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.

Заключение

Интеграция разработанных концептуальных организационно-технических решений дает основания для активизации и поэтапной реализации мер по повышению уровня повторного применения ценного ресурсного потенциала ТКО и строительных отходов, обеспечивая, посредством внедрения НДТ и инновационных организационно-технологических решений, повышение степени использования ВР – до установленного в Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года уровня – в пределах 80–86%. Эффективность предложенной системы подтверждается укрупненными экспертными оценками адаптации системы обращения с ВР по отраслям отечественной экономики: при общих затратах на создание отходоперерабатывающей технологической инфраструктуры в объеме 5 трлн руб. на период до 2030 г. обеспечивается совокупный годовой экономический эффект порядка 3 трлн руб. за счет вовлечения ВР в хозяйственный оборот, снижения экономического ущерба от наносимого экологического вреда природным ресурсам, предотвращения занятия и высвобождения земель от размещаемых полигонов и свалок отходов.

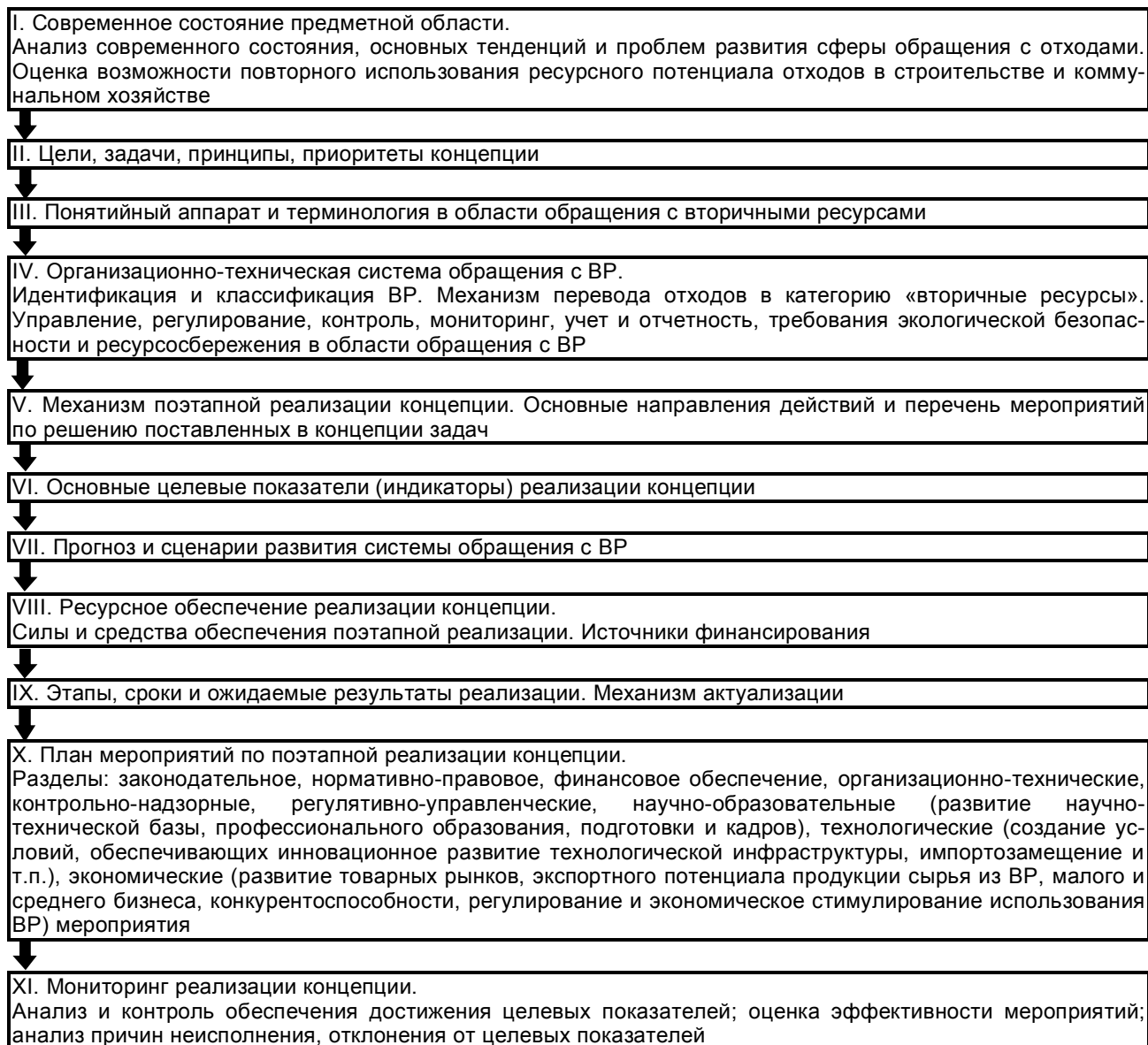


Рис. 3. Алгоритм формирования и структура концепции обращения с ВР

Fig. 3. Algorithm of formation and structure of the Concept of the reference with secondary resources

Таким образом, предлагаемая концепция системы обращения с ВР может быть успешно реализована в рамках плана ме-

роприятий по реализации федеральной Стратегии переработки отходов на перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Величко Е.Г., Цховребов Э.С., Меднов А.Е. Оценка эколого-экономического ущерба, наносимого при проведении строительно-монтажных работ // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 48–52.
2. Богомоллова И.П., Кривенко Е.И., Стряпчих Е.С. Обеспечение экономической безопасности государства на основе управления ресурсосбережением // ФЭС: Финансы.

- Экономика. Статистика. 2018. Т. 15. № 5. С. 16–23.
3. Цховребов Э.С. Правовые аспекты обеспечения экологической безопасности // ЭКОС. 2008. № 3. С. 13–19.
4. Волынкина Е.П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Экология и рациональное природопользование // Вестник Сибирского государственного университета. 2017. № 2 (20). С. 45–58.

5. Носко П.А. Тенденции развития экономики замкнутого цикла в Европейском союзе // Отходы и ресурсы. 2019. № 1. С. 1–10. <https://doi.org/10.15862/04ECOR119>
6. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy // *Economic Processes Management*. 2015. № 1. P. 108–115.
7. Goldstein B., Rasmussen F.N. LCA of Buildings and the Built Environment // *Life Cycle Assessment*. 2018. Chapter 28. P. 695–722. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28
8. Zaman A.U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines // *Journal of Cleaner Production*. 2015. Vol. 91. P. 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
9. Sornil W. Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm // *Journal of Solid Waste Technology & Management*. 2014. Vol. 40. P. 33. <https://doi.org/10.5276/jswtm.2014.33>
10. Ehresman T., Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2014. Vol. 15. № 1. P. 13–27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>
11. Elgizawy S.M., El-Haggar S.M., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>
12. Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*. 2019. No. 80. pp. 619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>
13. Теличенко В.И. От экологического и «зеленого» строительства – к экологической безопасности строительства // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 2. С. 47–51.
14. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Оценка экологической безопасности строительства на основе модели полного ресурсного цикла // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. 2016. № 4 (44). С. 169–176.
15. Бабанин И.В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов // *Твердые бытовые отходы*. 2006. № 10. С. 40–43.
16. Калюжный Б.О. Экономика замкнутого цикла – новая парадигма // *Твердые бытовые отходы*. 2018. № 4 (142). С. 8–9.
17. Скобелев Д.О. Возвращение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот: экономика, технология, право // *Компетентность*. 2020. № 4. С. 8–15.
18. Баришевский Е.В., Величко Е.Г., Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. Вопросы эколого-экономической оценки инвестиционных проектов по переработке отходов в строительную продукцию // *Вестник МГСУ*. 2017. Т. 12. Вып. 3 (102). С. 260–272. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.3.260-272>
19. Лунев Г.Г., Прохоцкий Ю.М. Проблемы комплексного рециклинга вторичных строительных ресурсов // *Компетентность*. 2018. № 8. С. 23–33.
20. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 450–463.

REFERENCES

1. Velichko EG, Tshovrebov ES, Mednov AE. Assessment of Ecological-Economic Damage in the Course of Construction and Erection Works. *Zhilichnoe stroitel'stvo*. 2014;8:48–52. (In Russ.)
2. Bogomolova IP, Krivenko EI, Stryapchih ES. Ensure economic security state based control resource saving. *FES: Finansy. Ekonomika. Statistika = FES: Finance. Economy. Strategy*. 2018;15(5):16–23. (In Russ.)
3. Tshovrebov ES. Legal aspects of maintenance of ecological safety. *EKOS = ECOS*. 2008;3:13–19. (In Russ.)
4. Volynkina EP. Analysis of the state and problems of processing technogenic waste in Russia. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*. 2017;2:43–49. (In Russ.)
5. Nosko PA. Trends in the circular economy development in the European Union. *Russian journal of resources, conservation and recycling*. 2019;1(6). <https://doi.org/10.15862/04ECOR119> (In Russ.)
6. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of «green» economy. *Economic Processes Management*. 2015;1:108–115.
7. Goldstein B, Rasmussen FN. LCA of Buildings and the Built Environment. *Life Cycle Assessment*. 2018. Chapter 28. P. 695–722. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_28

8. Zaman A.U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*. 2015;91:12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
9. Sornil W. Solid waste management planning using multi-objective genetic algorithm. *Journal of Solid Waste Technology & Management*. 2014;40:33. <https://doi.org/10.5276/jswtm.2014.33>
10. Ehresman T, Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2014;15(1):13–27. <https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2>
11. Elgizawy SM, El-Haggar SM, Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. *Procedia Engineering*. 2016;145:1306–1313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168>
12. Hart J, Adams K, Gieseckam J, Tingley D, Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*. 2019;80:619–624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>
13. Telichenko VI. From environmental and green construction to environmental construction safety. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo = Industrial and civil building*. 2011;2:47–51. (In Russ.)
14. Il'ichev VA, Kolchunov VI, Bakaeva NV, Kobeleva SA. Assessment of the environmental safety of construction based on the full resource cycle model. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura = Scientific bulletin of the Voronezh state architecturally-building university. Building and architecture*. 2016;4(44):169–176. (In Russ.)
15. Babanin IV. Estimation of efficiency of separate gathering of a waste. *Tverdye bytovye otkhody*. 2006;10:40–43. (In Russ.)
16. Kalyuzhny BO. Economy of the closed cycle – a new dilemma. *Tverdye bytovye otkhody*. 2018;4:8–9. (In Russ.)
17. Skobelev DO. Returning of secondary resources in economic circulation: economy, technology, the right. *Kompetentnost'*. 2020;4:8–15. (In Russ.)
18. Barishevskij EV, Velichko EG, Tshovrebov ES, Niyazgulov UD. Problems of environmental and economical assessment of investment projects on processing wastes into construction products. *Vestnik MGSU*. 2017;12(3):260–272 (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2017.3.260-272>
19. Lunev GG, Prokhotskiy YuM. Problems of complex recycling of secondary construction resources. *Kompetentnost'*. 2018;1:28 (In Russ.)
20. Tskhovrebov ES. Formation of regional management strategies of secondary resource handling. *Vestnik MGSU*. 2019;14(4):450–463. (In Russ.) <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.4.450-463>

Сведения об авторах

Цховребов Эдуард Станиславович,
кандидат экономических наук, доцент,
Академия безопасности и специальных программ,
123215, г. Москва, ул. Профсоюзная, 100а,
Россия,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Ниязгулов Урал Давлетшиевич,
кандидат технических наук, профессор,
Российский университет транспорта (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, Россия
✉ e-mail: transgeo@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Eduard S. Tshovrebov,
Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor;
Academy of Safety and Special Programs,
100a, Profsoynzaya St., Moscow 123215,
Russia,
e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Ural D. Niyazgulov,
Cand. Sci. (Eng.), professor,
Russian University of Transport (MIIT),
9, Obrastsova St., Moscow 127994, Russia,
✉ e-mail: transgeo@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0749-1853>

Contribution of the authors

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 12.01.2021.
Одобрена после рецензирования 10.02.2021.
Принята к публикации 11.02.2021.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 12.01.2021.
Approved after reviewing 10.02.2021.
Accepted for publication 11.02.2021.