

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКОЛОГИИ



УДК 502.504 : 628.49

Э.С. ЦХОВРЕБОВ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

В рамках реализации задач исследования дана оценка действующей системе обращения с отходами на соответствие характеристикам основных классов систем: организационно-управленческой, экономической, экологической и иным. Определены главные направления ее совершенствования. Представлены разработки в области научно-методических подходов к формированию индекса экологически безопасного обращения с отходами, оценки качества и ценности вторичного сырья как механизмов ресурсосбережения и регулирования экологических правоотношений. Сделан вывод о необходимости повышения уровня ресурсосберегающей направленности механизма обращения с отходами как важного фактора обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности муниципальных образований на основе формирования инновационной организационно-технической системы обращения вторичных ресурсов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, вторичные ресурсы, технико-экономическое обоснование, отходы, строительство, ресурсосбережение.

DOI 10.32683/0536-1052-2020-744-12-59-69

Введение. Большая часть твердых коммунальных и строительных отходов поступает на полигоны и свалки, что способствует резкому ухудшению экологической обстановки в регионах. Экологическую проблему национального масштаба усугубляет истощение полигонами своих эксплуатационных мощностей, приводящее к росту числа несанкционированных свалок [1–4].

Анализ показал, что вне области результативных научных исследований остается развитие методов оптимальной для конкретных территориальных условий, безопасной для человека и природной среды организации технологических процессов использования вторичных ресурсов (ВР) в основных жизнеобеспечивающих структурах городского хозяйства: ЖКХ и строительстве. В то же время потребность строительного и коммунального комплекса в материалах и сырье может быть частично удовлетворена за

счет вторичных ресурсов, извлекаемых из ТКО и строительных отходов [5–9]. В результате в системе городского хозяйства создаются условия для реализации концепции «ноль отходов» и экономики замкнутого цикла, успешно функционирующей в странах ЕС, Японии, Китае [10–14].

Таким образом, разработка научно-методологических основ, концепции, механизма эффективной организации обращения с ВР в сферах, непосредственно связанных с созданием благоприятных условий жизнедеятельности, направленных на обеспечение защищенности природной среды и людей от воздействия опасных отходов, экономии природных ресурсов в результате замены вторичными, представляется актуальной научно-технической задачей.

В связи с этим, исследованию подлежали вопросы:

возможно ли квалифицировать область обращения с отходами в качестве организационно-технической системы как множества взаимосвязанных материальных объектов (сооружений, установок, материально-сырьевых ресурсов, технических средств), трудовых ресурсов, организационно-управленческого, технологического, структурно-функционального механизмов (методов, алгоритмов, процессов и операций, мероприятий, технологий), реализующих применение по назначению производственных фондов, средств производства, предметов труда и обеспечивающих в комплексе выполнение поставленных целей и задач;

относится ли система организации и управления отходами и ВР к классу социально-экономических, экологических, природно-технических систем.

Для реализации поставленной задачи с применением сравнительного и сопоставительного анализа литературы, результатов отечественных и зарубежных исследований проведена оценка изучаемой системы на соответствие отличительным признакам основных классов систем.

В ходе анализа принято во внимание компетентное мнение по данному вопросу известных ученых в сфере экологической безопасности, «зеленого» строительства, устойчивого развития городской среды. В работе [15] система обращения с отходами в качестве антропогенной рассматривается в рамках социально-природно-техногенной системы устойчивой среды жизнедеятельности; с научно обоснованных позиций ряда авторов [16] исследование проблемы осуществляется под углом зрения симбиоза градостроительных систем и их природного окружения.

В процессе исследования установлено, что образующая целостность и единство совокупности взаимосвязанных между собой механизмов, алгоритмов, процессов, действий в отношении антропогенных объектов окружающей среды: отходов и ВР, не может быть квалифицирована в качестве природно-технической системы по следующим основаниям:

антропогенный объект окружающей среды и образующий природно-техническую систему техногенный объект – продукт технической деятельности, а не деятельности человека вообще или результат его жизнедеятельности не являются аналогичными по смысловому наполнению, содержанию, отличительным свойствам;

природно-технические системы представляют собой формы взаимосвязанного сосуществования природных, технических и природно-техногенных объектов, возникших в процессе их взаимодействия; вместе с тем ВР образуются в результате любых видов хозяйственной деятельности и не всегда являются результатом их функционирования;

основное звено обращения с ВР – внутренняя производственно-техническая и организационно-управленческая система «человек – техника – ресурсы (продукция)» в рамках действия внешней природно-ресурсной, промышленно-технологической, социально-экономической и иных систем; идентификация обращения с ВР в качестве системы существенно выходит за рамки содержания и границ понятия «природно-техническая система»;

кардинальное различие в источниках образования систем: природно-технические формируются в ходе преобразования человеком природной среды в процессе различных видов технической деятельности; вторичные ресурсы и их обращение становятся результатом как производства, так и выполнения работ, оказания услуг или потребления, большей степенью не связанных с преобразованием природной среды;

применение ВР в виде материальных накоплений использованного сырья, веществ, продукции в целях повторного вовлечения в хозяйственный оборот не рассматривается как цель, задача или основной результат функционирования совокупности природных, природно-техногенных и техногенных объектов, образующих природно-техническую систему.

Действия с отходами и ВР как с антропогенными объектами окружающей среды определяют невозможность отнесения системы обращения с ними и к классу экологических систем, выступающих в виде объективно существующей части природной среды, имеющей пространственно-территориальные границы, в которой живые и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией.

Обращение с ВР также не может реализовываться исключительно в рамках технической системы в виде образующих целостность, единство множества находящихся в определенных связях друг с другом технических элементов, обладающих внутренними количественными и качественными свойствами надежности, безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности, эргономичности и рядом иных, характеризующих непосредственно производственный процесс.

Результаты исследований позволяют характеризовать обращение с отходами и ВР в качестве организационно-технической системы управления, относящейся к классу социально-экономических систем экологической и ресурсной направленности действия, обеспечивающей процессы жизнедеятельности и жизнеобеспечения населения.

На основе развития, расширения, доработки и использования в новой предметной области известных результатов, полученных Т.Г. Фоменко в промышленной сфере обогащения руд, а также Л.Я. Шубовым в отношении твердых бытовых отходов в части определения оптимальных показателей технологической эффективности сепарации с точки зрения уровня извлечения ценных компонентов, предложена функциональная зависимость, ото-

бражающая интегральное влияние перечня различных параметров и факторов [17, 18]. Рассматривая историческую преемственность исследований означенной сферы, отмечается, что Т.Г. Фоменко выделены показатели исходного содержания, выхода и наличия ценных компонентов в «хвостах» сортировки в качестве основных критериев эффективности. Авторская концепция состоит в существенном расширении рамок критериальной оценки потребительской ценности ВР на основе показателей технической возможности, экологической допустимости и экономической целесообразности повторного применения в качестве вторичного сырья. Обобщенную функцию потребительской ценности ВР с учетом различных параметров аддитивного влияния на результирующий показатель предложено выражать следующим образом

$$\text{ПЦ}_{\text{ВР}} = F\{K; N; \text{Рр.п}; \text{Квозвр}; \text{Рисп.р.п}; \text{Кбез}; \Delta Y; \text{Кзам}; \text{Спр}; \text{Кзатр}; \text{Квостр}\}, \quad (1)$$

где $\text{ПЦ}_{\text{ВР}}$ – потребительская ценность ресурсной составляющей отхода;
 K – количество видов вторичных ресурсов, выделяемых в результате раздельного сбора и обработки материальной ресурсной части отхода;

N – число технически возможных направлений использования ВР на основании документов по стандартизации, требований нормативно-технической документации;

Рр.п – масса извлеченных ВР на единицу массы образованного отхода, т/т;

Квозвр – уровень повторного применения ресурсной составляющей по прямому назначению или в результате возврата в производственный цикл без промышленной обработки в виде возвратного сырья, вспомогательных материалов, закладных деталей, тары, топлива;

Рисп.р.п – степень использования ресурсного потенциала отхода, определяющая долю ВР с единицы массы образовавшегося антропогенного объекта окружающей среды (отхода), овеществленной в востребованном в экономическом обороте вторичном сырье, т/т;

Кбез – показатель безопасности ВР, характеризующийся величиной снижения класса опасности / токсичности отходов в результате структурного и функционального преобразования в категорию ВР;

ΔY – показатель, определяющий сокращение экологического вреда в форме экономического ущерба компонентам окружающей среды в результате предотвращения попадания опасного отхода на размещение в природную среду (полигоны ТКО, свалки, навалы отходов), тыс. руб./т;

Кзам – уровень замещения природного ресурса вторичным в результате внедрения организационно-технических схем, технологий применения ВР, т/т;

Спр – стоимость сэкономленного природного ресурса (с учетом показателей ценности запаса заменяемого природного ресурса (прогнозный объем запаса, сроки поэтапного изъятия из природной среды, степень разведанности, истощения; расходы на разведку, разработку, добычу полезного ископаемого, обеспечение сохранности, консервацию, рекультивацию месторождений), а также ценности самого природного ресурса), тыс. руб./т;

Кзатр – соотношение удельных затрат на добычу и переработку природного ресурса в товарную продукцию (на единицу готовой продукции (сырья)) и на раздельный сбор, обработку ресурсной составляющей отхода с доведением ее до нормативных требований и характеристик к замещаемой товарной продукции с использованием природных ресурсов в качестве аналога (на единицу готовой продукции (сырья));

Квостр – эмпирический показатель, оценивающий степень востребованности ВР в регионе (рынки сбыта, спрос на продукцию, работы, энергию, услуги с применением ВР, уровень товарооборота).

Уровень использования ресурсного потенциала отхода в виде вторичного сырья на единицу его образования определен соотношением количества использованных ВР в качестве вторичного сырья (ВС) $i = 1 \dots n$ – видов для производства продукции, работ, энергии – на единицу образования отходов в количественном выражении, из которых получены данные ВР

$$\text{Рис.р.п} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (BCi / Oj), \quad (2)$$

где $j = 1, i = 1,$

Oj – количество образующихся отходов $j = 1 \dots m$ – видов.

В ходе исследования выявлены как полезные качественные характеристики, так и факторы низкого качества ресурсной составляющей отходов, непосредственным образом влияющие на степень ее востребованности в виде вторичного сырья в экономическом цикле (таблица).

С учетом необходимости формирования методов интегрированной оценки степени экологической безопасности на различных этапах инвестиционного процесса решение такой задачи реализовано с помощью индексного метода посредством оценки комплексного аддитивного влияния на совокупный результирующий индекс качественных и количественных показателей (природоохранных и ресурсных) в единой системе математических зависимостей.

Предлагается аналитический индекс экологически безопасного обращения, показывающий уровень снижения образования отходов и класса его

Показатели качества ресурсной составляющей отходов

Полезные свойства и качественные характеристики, обеспечивающие применимость в виде вторичного сырья	Показатели качества, технико-эксплуатационных, санитарно-гигиенических свойств, приводящие к невозможности использования в виде вторичного сырья
1. Истинная плотность 2. Дисперсность (удельная поверхность) 3. Прочность на сжатие 4. Теплопроводность 5. Водопоглощение 6. Размер частиц 7. Морозостойкость 8. Огнеупорность 9. Теплота сгорания	1. Высокий уровень влажности 2. Загрязненность металлическими примесями 3. Загрязненность минеральными частицами (грунт, глина, стекло) 4. Загрязненность опасными органическими, неорганическими соединениями, нефтепродуктами 5. Загрязненность полимерными, древесно-полимерными частицами 6. Несоответствие по органолептическим показателям: цвет, запах 7. Несоответствие по бактериологическим показателям 8. Несоответствие по радиационным показателям

опасности за счет извлечения и повторного применения содержащихся в них ВР. Учитывая, что показатель использования ВР оценивается не изолированно, а во взаимосвязи с иными экологическими, ресурсными факторами, применяя комплекс составляющих функциональной зависимости (1), определен структурно-элементный состав вводимого индекса:

индексируемый показатель, представляющий собой фактор, изменение которого подвергается изучению: $R_{исп.р.п_i}$ – доля использованной ресурсной составляющей $j = 1 \dots m$ отходов или уровень использования их ресурсного потенциала, определяемый соотношением количества использованных ВР в качестве вторсырья $i = 1 \dots n$ – видов на единицу отходообразования в количественном выражении, из которых получено вторсырье (формула (2));

весовой признак: показатель экологической опасности j -го отхода K_j , определяющий значимость индексируемого показателя в зависимости от уровня опасности отхода, который структурно трансформируется во множество ресурсных составляющих. Он рассчитывается как обратная величина класса опасности отходов (Коп) по ФККО и имеет значения соответственно по убыванию уровня опасности от чрезвычайно- до практически неопасного (1; 0,5; 0,33; 0,25; 0,2): $K_i = 1/Коп$.

Общий аналитический индекс экологически безопасного использования вторичных ресурсов предлагается выражать следующей математической зависимостью.

$$I^{\circ}_{исп.р.п} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{исп.р.п_i} \cdot K_{j_1}. \quad (3)$$

Экологический и ресурсосберегающий смысл предложенного индекса заключается в оценке двух групп показателей:

а) величина снижения степени опасности и количества опасного отхода в источнике образования в результате извлечения из него ценных ресурсных составляющих с последующим их доведением путем обработки до вторичного сырья;

б) уровень использования ресурсного потенциала отходов различных классов опасности в виде вторичного сырья.

Для решения задач оценки изменения указанных показателей за определенный период времени (год, квартал), а также анализа соотношения плановых, отчетных, достигаемых и фактических показателей предлагается к введению динамический аналитический индекс

$$I^D_{исп.р.п} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P^1_{исп.р.п_i} \cdot K_{j_1} / \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P^0_{исп.р.п_i} \cdot K_j. \quad (4)$$

В рамках методики исчисления выведенный индекс является аналитическим – агрегатным (определяемый путем взвешивания индексируемого показателя с помощью неизменной величины другого, взаимосвязанного с ним); по степени охвата совокупности – общим (характеризующим изменение совокупности объекта в целом и его частей); составу оцениваемых показателей – комплексным (количественные, качественные); базе срав-

нения – цепным (с учетом вариативности, изменения базы сравнения во времени); специфике и объему аналитики – комплексным многофакторным, получаемым по результатам системного анализа количественных показателей: выбросов, сбросов, отходов, ресурсов (потребление, потери, изъятие из природной среды), так и качественных (степень опасности отходов, качество компонентов окружающей среды).

Разработанный автором алгоритм оценки потенциальной возможности, допустимости, целесообразности использования ресурсной составляющей отходов в источнике образования представлен на рис. 1.

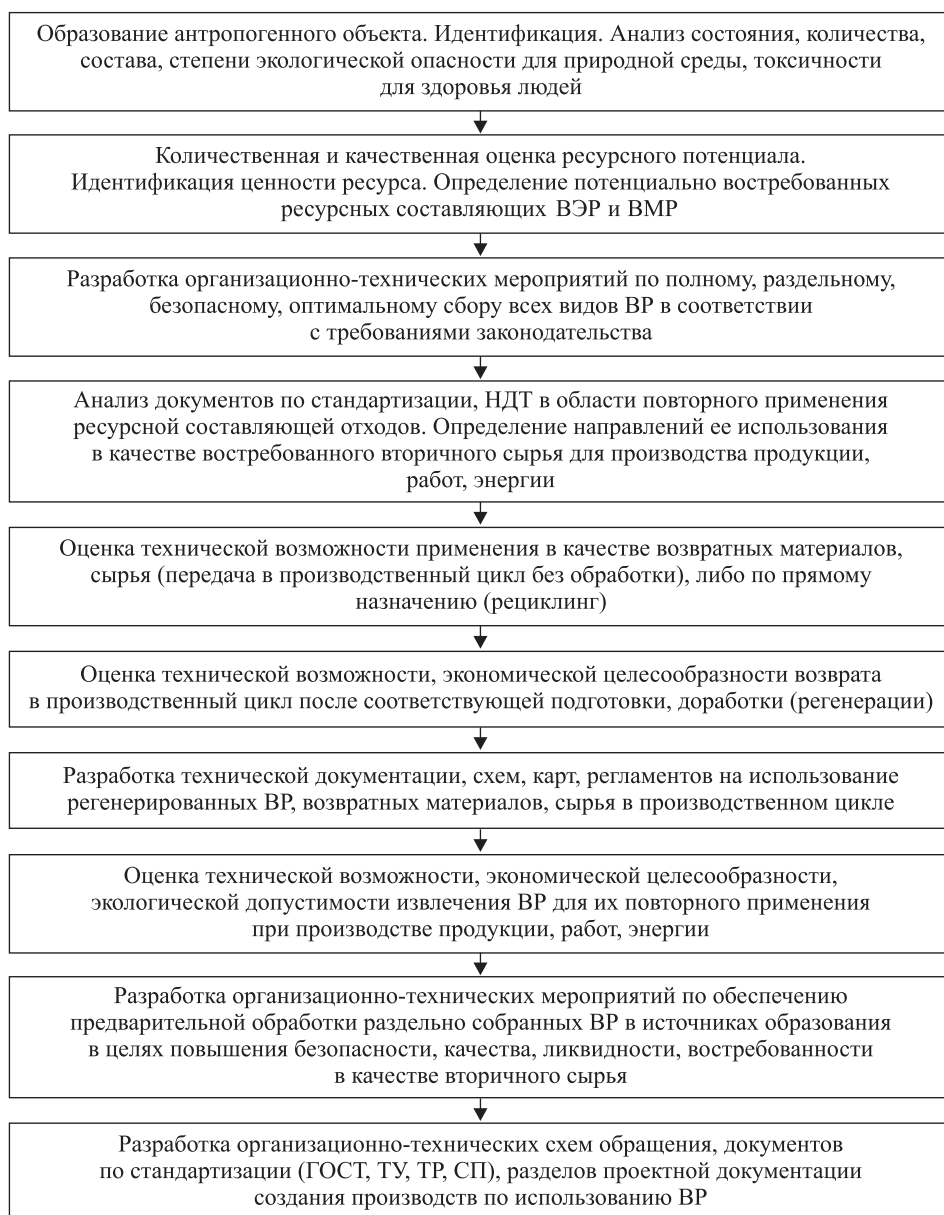


Рис. 1. Алгоритм оценки потенциальной возможности, допустимости и целесообразности использования ресурсной составляющей отхода

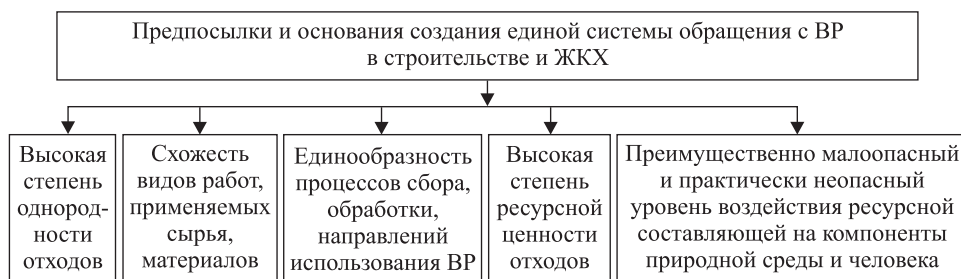


Рис. 2. Предпосылки и основания для создания и развития системы обращения с ВР

Представленный на схеме алгоритм представляет собой методическую основу для перевода образующегося антропогенного объекта из категории «отходы» в разряд ВР. Означенный механизм позволяет более чем на 90 % обеспечить уменьшение образования опасных отходов в строительстве и коммунальном хозяйстве, существенным образом снизить расходы ремонтно-строительных организаций и предприятий ЖКХ по платежам на размещение ТКО и строительных отходов, штрафные санкции и текущие затраты, связанные с их обращением.

При формировании системного подхода к исследованию ресурсосберегающей деятельности и оценки ценности ВР изучались во взаимосвязи и взаимозависимости различные характеристики состояния и качества природной среды, качества жизни, качества вторичного сырья, продукции и работ с его использованием как неотъемлемые составляющие процесса обеспечения устойчивого развития территорий.

Углубленное исследование обращения отходов в процессах строительства, сноса, ремонта, содержания объектов недвижимости, системный анализ целесообразности и допустимости повторного применения ресурсного потенциала ТКО и строительных отходов в хозяйственном обороте предоставили возможность выделить основания и предпосылки для успешного создания и перспективного развития единой комплексной системы использования ВР в рассматриваемой сфере экономической деятельности (рис. 2).

Выводы. 1. Доказана необходимость совершенствования действующей отходообразующей сферы в единую комплексную систему обращения с вторичными ресурсами. Сделан акцент на обеспечение ее экологической безопасности, экономической эффективности и ресурсосберегающей направленности, а также повышение качества жизнедеятельности и потребляемой продукции.

2. Разработанные автором отдельные механизмы организационно-технической системы обращения ВР выступают научно-методической базой реализации мер обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности населенных пунктов, создания благоприятных условий для перспективного развития строительной, коммунальной, транспортной инфраструктуры, «зеленого» строительства, благоустройства, бизнеса, инновационных производств, повышения качества и экологической безопасности городской среды, сохранения природных ресурсов за счет их замены вторичным сырьем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гаврилов Е.В., Исаков В.М., Цховребов Э.С.* Проблемы обеспечения экологической безопасности на территории муниципального образования // ЭКОСинформ. 2005. № 1. С. 17–21.
2. *Волынкина Е.П.* Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России // Экология и рациональное природопользование. Вестник Сибирского государственного университета. 2017. № 2. С. 45–58.
3. *Григорьева Л.С.* Перспективы переработки строительных отходов // Естественные и технические науки. 2015. № 6. С. 590–592.
4. *Владимиров С.Н.* Проблемы переработки отходов строительной индустрии // Системные технологии. 2016. № 19. С. 101–105.
5. *Бариевский 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. С. 260–272.
6. *Калужный Б.О.* Экономика замкнутого цикла – новая парадигма // Научно-практический журнал ТБО. 2018. № 4. С. 8–10.
7. *Олейник С.П., Чулков В.О.* Управление обращением с отходами строительства и сноса // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3, № 1.
8. *Лунев Г.Г.* Развитие методологии комплексного использования вторичных строительных ресурсов. М.: Научтехлитиздат, 2019. 284 с.
9. *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.
10. *Elgizawy S.M., El-Haggag S.M., Nassar K.* Slum development using zero waste concepts: Construction waste case study // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. P. 1306–1313.
11. *Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D.D., Pomponi F.* Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. No. 80. P. 619–624.
12. *Ehresman T., Okereke C.* Environmental justice and conceptions of the green economy. International Environmental Agreements: Politics, Law & Economic, 2015. Vol. 15, Iss. 1. P. 13–27.
13. *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.
14. *Robin Murray.* Zero waste. Greenpeace Environmental Trust, 2002. 211 p.
15. *Теличенко В.И., Щербина Е.В.* Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5–12.
16. *Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В.* Реконструкция урбанизированных территорий на принципах симбиоза градостроительных систем и их природного окружения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 4–11.
17. *Фоменко Т.Г.* Определение оптимальных показателей обогащения // Труды Всесоюз. Магадан. НИИ золота и редких металлов. 1957. Вып. 24. 874 с.
18. *Шубов Л.Я.* Многоотходные отходы химической промышленности: аналитическая оценка и систематизация технологических решений // Экологические системы и приборы. 2019. № 3. С. 8–30.

Цховребов Эдуард Станиславович, канд. экон. наук, доц.;

E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Независимый исследователь, г. Москва

Получено 16.11.2020

Tskhovrebov Eduard Stanislavovich, PhD, Ass. Professor;

E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9481-3832>

Independent researcher, Moscow, Russia

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF INCREASE OF AN ORIENTATION SAVING UP RESOURCES AND ECOLOGICAL SAFETY OF SYSTEM OF THE REFERENCE WITH A WASTE

Within the limits of realisation of research problems the all-round estimation is given operating system of the reference with a waste on conformity to distinctive signs, properties, characteristics of the basic classes of systems: organizational-administrative, economic, ecological and other. The basic directions of its perfection regarding maintenance of economic efficiency, ecological safety, technical development are defined. Innovative workings out in the field of scientifically-methodical approaches to formation of an index ecological safe handling of a waste, an estimation of quality and value of secondary raw materials as mechanisms of savings of resources and regulation of ecological legal relations are presented. By results of researches the conclusion is drawn on necessity of increase of level of a resource orientation of the mechanism of the reference with a waste as important factor of maintenance of a sustainable development and ecological safety of municipal unions on the basis of formation of innovative organizational-technical system of the reference of secondary resources.

Key words: ecological safety, secondary resources, the feasibility report, waste, building, savings of resources.

REFERENCES

1. *Gavrilov E.V., Isakov V.M., Tskhovrebov E.S.* Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti munitsipal'nogo obrazovaniya [Problem of maintenance of ecological safety in municipal union territory]. EKOSinform [ECOSinform]. 2005. No. 1. Pp. 17–21. (in Russian)
2. *Volynkina E.P.* Analiz sostoyaniya i problem pererabotki tekhnogennykh otkhodov v Rossii [Analysis of a condition and problems of processing of a technogenic waste in Russia]. *Ecologiya i ratsional'noe prirodopol'zovaniye. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta* [Ecology and rational wildlife management. The bulletin of the Siberian State University]. 2017. No. 2. Pp. 45–58. (in Russian)
3. *Grigorieva L.S.* Perspektivy pererabotki stroitel'nykh otkhodov [Prospect of processing of a building waste]. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Natural and technical science]. 2015. No. 6. Pp. 590–592. (in Russian)
4. *Vladimirov S.N.* Problemy pererabotki otkhodov stroitel'noy industrii [Problems of waste processing in the construction industry]. *Sistemnyye tekhnologii* [System technology]. 2016. No. 19. Pp. 101–105. (in Russian)

5. *Barishevskiy E.V., Velichko E.G., Tshovrebov E.S., Niyasgulov U.D.* Voprosy ekologo-ekonomicheskoy otsenki investitsionnykh proektov po pererabotke otkhodov v stroitel'nyuyu produktsiyu [Question of an ekologo-economic estimation of investment projects on processing of a waste in building production]. Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. 2017. Vol. 12, No. 3. Pp. 260–272. (in Russian)
6. *Kalyuzhnyy B.O.* Ekonomika zamknutogo tsikla – novaya paradigma [Economy of the closed cycle – a new dilemma]. Nauchno-prakticheskiy zhurnal TBO [Scientifically-practical magazine TBO]. 2018. No. 4. Pp. 8–10. (in Russian)
7. *Oleynik S.P., Chulkov V.O.* Upravleniye obrashcheniyem s otkhodami stroitel'stva i snosa [Management of construction and demolition waste management]. Otkhody i resursy [Waste and resource]. 2016. Vol. 3, No. 1. (in Russian)
8. *Lunev G.G.* Razvitiye metodologii kompleksnogo ispol'zovaniya vtorichnykh stroitel'nykh resursov [Development of methodology of complex use of secondary construction resources]. Moscow, 2019. 284 p. (in Russian)
9. *Velichko E.G., Tshovrebov E.S., Mednov A.E.* Otsenka ekologo-ekonomicheskogo ushcherba, nanosimogo pri provedenii stroitel'no-montazhnykh rabot [Estimation of the ekologo-economic damage put at carrying out of civil and erection works]. Zhi-lishchnoye stroitel'stvo [Housing construction]. 2014. No. 8. Pp. 48–52. (in Russian)
10. *Elgizawy S.M., El-Haggag S.M., Nassar K.* Slum development using zero waste concepts: Construction waste case study. Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. Pp. 1306–1313.
11. *Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D.D., Pomponi F.* Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. Procedia CIRP. 2019. No. 80. Pp. 619–624.
12. *Ehresman T., Okereke C.* Environmental justice and conceptions of the green economy. International Environmental Agreements: Politics, Law & Economic, 2015. Vol. 15, Iss. 1. Pp. 13–27.
13. *Zaman A.U.* A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. Journal of Cleaner Production. 2015. Vol. 91. Pp. 12–25.
14. *Robin Murray.* Zero waste. Greenpeace Environmental Trust, 2002. 211 p.
15. *Telichenko V.I., Shcherbina E.V.* Sotsial'no-prirodno-tekhnogennaya sistema ustoychivoy srede zhiznedeyatel'nosti [Social-Natural-Technogenic System of Sustainable Environment of Vital Activity]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2019. No. 6. Pp. 5–12. (in Russian)
16. *Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakayeva N.V.* Rekonstruktsiya urbanizirovannykh territoriy na printsipakh simbioza gradostroitel'nykh sistem i ikh prirodnogo okruzeniya [Redevelopment of urban areas on the principles of the symbiosis of urban planning systems and their natural environment]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2018. No. 3. Pp. 4–11. (in Russian)
17. *Fomenko T.G.* Opredeleniye optimal'nykh pokazateley obogashcheniya [Definition of optimum indicators of enrichment]. Trudy Vsesoyuznogo Magadanskogo NII zolota i redkikh metallov [Works of All-Union Magadan scientific research institute of gold and rare metals]. 1957. Vol. 24. 874 p. (in Russian)
18. *Shubov L.J. et al.* Mnogotonnazhnye otkhody khimicheskoy promyshlennosti: analiticheskaya otsenka i sistematizatsiya tekhnologicheskikh resheniy [Largetonnage waste of the chemical industry: an analytical estimation and ordering of technological decisions]. Ekologicheskkiye sistemy i pribory [Ecological systems and devices]. 2019. No. 3. Pp. 8–30. (in Russian)