

DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.07

УДК 502.504; 628.54

**С.Н. Костарев<sup>1,2,3</sup>, Т.Г. Середа<sup>2</sup>, К.Г. Пугин<sup>1,2</sup>, Э.С. Цховребов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия

<sup>2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

<sup>3</sup>Пермский институт Федеральной службы  
исполнения наказаний России, Пермь, Россия

<sup>4</sup>Академия инженерных наук им А.М. Прохорова, Москва, Россия

## **ПЕРЕХОД СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ЗАМКНУТЫЙ ЦИКЛ РЕСУРСНО-СЫРЬЕВОГО ОБРАЩЕНИЯ: ТЕНДЕНЦИИ, МЕХАНИЗМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Темой исследования послужила актуальная проблема обращения с отходами производства и потребления, предупреждения их негативного воздействия на окружающую среду. Целью исследования является разработка концептуальных подходов, механизмов перехода системы жизнеобеспечения муниципальных образований и регионов на замкнутый цикл ресурсно-сырьевого обращения продукции на всех этапах ее жизненного цикла. В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи: проведен ретроспективный, сопоставительный анализ обращения предмета экологических правоотношений – отходов производства и потребления; дана оценка сферы обращения с твердыми коммунальными отходами; предложены перспективные пути и механизмы перехода к ресурсосберегающей системе обращения вторичных ресурсов и сырья как основы формирования экономики замкнутого цикла в системе жизнеобеспечения населенных пунктов; сформирована конфигурация региональной концепции обращения вторичных ресурсов. По результатам исследований обоснована необходимость актуализации законодательной базы терминологией экономики замкнутого цикла с исключением термина «отходы» как предмета нормативно-правового и технического регулирования. Предлагаемый теоретический подход может выступить в качестве правового инструмента для перехода отечественной экономики на ресурсосберегающий путь устойчивого развития, обеспечения экологической безопасности жизнеобеспечения селитебных территорий. Предложено создать комплексную систему обращения с завершившей срок эксплуатации строительной или иной продукцией, использованными предметами, веществами – не в виде опасных отходов, а в качестве вторичных материально-сырьевых ресурсов – потенциальных источников удовлетворения потребностей общества, безопасных для природной среды и здоровья людей.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, вторичные ресурсы, строительство и городское хозяйство, ресурсосбережение, жизнеобеспечение, твердые коммунальные отходы, вторичное сырье.

Значимость проблемы обращения отходов и их негативного воздействия на окружающую среду проходит красной линией во всех документах федерального уровня: стратегиях, концепциях, национальных проектах, а также

региональных, отраслевых и иных программах, схемах развития отраслей и секторов экономики нашей страны. Актуальные вопросы постоянно поднимаются на всех уровнях, осуществляются попытки выхода из кризиса, вызванного возрастающим антропогенным воздействием источников экологической опасности, его прямых и отдаленных негативных последствий на все сферы жизнедеятельности и общественных правоотношений [1–4].

Проводимая в стране «мусорная» реформа показала, что решение данной проблемы путем постоянной «оптимизации» системы федеральных, региональных операторов по обращению с твердыми коммунальными отходами (ТКО), передачи функций и полномочий между различными ведомствами и структурами не приводит к ощутимым эколого-экономическим результатам, обещанным обществу идеологами реформы. На данный момент регулирование различного рода операторами направлено исключительно на обращение отходов 1-го и 2-го классов опасности, а также ТКО, суммарно составляющих порядка 1 % от общего количества образующихся отходов. Каким образом будет осуществляться регулирование раздельного сбора, обработки, утилизации оставшейся подавляющей части отходов – вопрос остается открытым. А ведь он затрагивает деятельность всех отраслей и секторов экономики страны включая основные сферы жизнеобеспечения муниципальных образований и регионов – строительство, реновацию и городское хозяйство.

В условиях дестабилизирующих общемировых вызовов, внешнеполитических и внешнеэкономических факторов возникла острая необходимость в принятии кардинально новых, неординарных, но вместе с тем взвешенных, научно обоснованных правовых, организационно-управленческих, технико-экономических решений в области перехода нашей страны на ресурсосберегающий технологический уклад хозяйствования, замкнутый цикл обращения материально-сырьевых ресурсов, продукции, обеспечивающих в комплексе устойчивое развитие и самое главное – безопасные, благоприятные условия жизнедеятельности российских граждан, сохранение богатейшего национального природного потенциала.

Востребован новый подход и к формированию понятийного аппарата предметов общественных правоотношений в области замкнутого ресурсно-сырьевого цикла обращения продукции на всех этапах жизненного цикла, и к созданию комплексной системы обращения с вторичными ресурсами и сырьем.

Авторами статьи предпринята попытка проанализировать сложившиеся тенденции, наметить основные пути, меры, механизмы и перспективы перехода регионов на ресурсосберегающую (ресурсовосстановительную) систему жизнеобеспечения, развитие экономики замкнутого цикла.

**Материалы и методы.** Материалами для проведения исследования выступили: нормативно-правовые акты, опубликованные труды ученых и специалистов, собственные результаты исследований авторов в сфере охраны окружающей среды, экологической безопасности, ресурсосбережения, управления, организации, моделирования систем обращения отходов строительства и городского хозяйства, очистке фильтрата, вторичных ресурсов (ВР), вторичного сырья (ВС) и сортировки отходов [5–13].

Стратегия исследования базируется на прогрессивных научных идеях, сформулированных известными российскими учеными: С.Г. Емельяновым, В.А. Ильичевым, В.И. Колчуновым, Н.В. Бакаевой в мировоззренческой парадигме биосферной совместимости; В.И. Теличенко, М.Ю. Слесаревым, Е.В. Щербина в научных концепциях: экологической безопасности строительства, симбиоза социо-природно-техногенной системы устойчивой среды жизнедеятельности, «зеленой» стандартизации технологий среды жизнедеятельности [14–16]; Л.В. Рудаковой, В.Н. Коротаевым, Я.И. Вайсманом и другими в исследованиях проблем организации экологически безопасного управления, а также логистики, технологий обращения с отходами [17–20].

Концепция исследования коррелирует с принятыми в мировом сообществе принципами Zero waste (ноль отходов), Green economy (Зеленая экономика), Circular economy (экономика замкнутого цикла) [21–24]. Методика исследования базируется на методах сопоставительного, ретроспективного, логического анализа, классификации и обобщения.

**Результаты исследования.** В работе всестороннему изучению подлежал ряд актуальных и значимых вопросов, затрагивающих нынешнее состояние и будущее нашей страны:

а) являются ли отходы как предмет сложившихся современных общественных взаимоотношений и связей источником устойчивого, экологически безопасного развития цивилизации и жизнедеятельности;

б) существует ли объективная необходимость, допустимость, практическая возможность выведения отходов, как социально негативного и экологически опасного объекта, из сферы общественных правоотношений;

в) как и в какую сторону могут измениться общественные правоотношения, перспективы и тенденции развития нашей страны при отсутствии отходов в качестве предмета нормативно-правового, технического регулирования с функциональным, структурным его преобразованием во «вторичные ресурсы» и «вторичное сырье» в рамках перехода к экономике замкнутого цикла.

Для обоснования стратегии, механизма построения ресурсосберегающих экологически безопасных систем обращения с ресурсными компонен-

тами использованной продукции первоначально осуществлен ретроспективный сопоставительный анализ истории возникновения, содержания, применения понятия «отходы» в различных контекстах, парадигмах и концепциях.

Начало проведения политики по обращению с отходами в СССР можно датировать 70-ми гг. прошлого века. Именно в эти годы вводится термин «твердые отбросы». Так, в издательстве «Стройиздат» в 1970 г. публикуется методика исследования свойств твердых отбросов под редакцией Н.Ф. Гуляева. Возросший интерес в этот период к проблемам утилизации и обезвреживания домашнего мусора особенно возрос в западноевропейских странах, в частности в Германии. Поэтому появление термина «отбросы» могло быть заимствовано из немецкого термина *Abfall*, имеющего значения «отбросы, отходы, мусор»; от глагола *abfallen* – «отваливаться, отбрасывать, отпадать, отламываться, отлипнуть», например, при обработке – уходить в отходы/отбросы. Поэтому в данном случае можно подразумевать в большей степени производственные, строительные и прочие отходы, представляющие народнохозяйственную ценность наряду, например, с обрабатываемыми материалами и сырьем. Другой термин в немецком языке – *Müll* – переводится как «мусор, хлам, барахло», характеризует в большей степени домашние, бытовые предметы и вещи, утратившие свои потребительские свойства.

Проведенная на основе ретроспективного сопоставительного анализа, обобщения и систематизации материалов характеристика отходов как предмета общественных отношений представлена в табл. 1.

По результатам проведенного ретроспективного и сопоставительного анализа отмечается, что понятие «отходы» в значении «ненужный предмет» не употреблялось в царской либо в советской России, ни в эпоху капитализма, ни социализма. Более того, термин «waste», имевший изначально совсем другие толкования, стал применяться именно в значении «отходы» за рубежом ближе к середине 80-х гг. XX в., как раз в эпоху перестройки и развала нашей великой страны. Впоследствии он успешно адаптировался в новой России в начале 90-х гг. прошлого столетия, и по сей день принося ежегодно триллионы рублей незаконных доходов, большая часть которых оседает в офшорных зонах, не давая никакого эффекта экономике страны. Более чем за 30 лет «закопаны» в землю сотни миллиардов тонн ценнейших полезных ресурсов: бумаги и картона, стекла, пластика, металлов, текстиля, древесных и минеральных материалов, нанося колоссальный вред природе и здоровью людей.

Таблица 1

## Характеристика отходов как предмета общественных отношений

Исходная база	Целеполагание в отношении отходов как предмета общественных отношений
<i>Общепринятые в мире парадигмы и концепции</i>	
«Zero waste» (ноль отходов)	Сведение к нулю предмета правоотношений – «отходов»
«RRR» (предотвращение образования отходов, повторное применение, пере-работка во вторичные ресурсы)	Исключение появления «отходов» как антропогенного объекта; повторное применение не самого «отхода», а его ресурсной составляющей; технологическая трансформация антропогенного объекта во вторичные ресурсы
«Circular economy» (экономика замкнутого цикла)	Экономически эффективное обращение продукции, ресурсов, сырья (но не отходов)
Иерархия приоритетов управления обращением с отходами (Директива 75/442/ЕЭС)	Максимальное использование исходных материалов и сырья; предотвращение образования «отходов» как источников экологической опасности
<i>Отечественные мировоззренческие парадигмы и концепции</i>	
1. Биосферная совместимость, увязывающая удовлетворение рациональных потребностей человека с устойчивым развитием и эволюционными преобразованиями в сознании. 2. Симбиоз социально-природно-техногенной систем устойчивой среды жизнедеятельности	Устойчивое развитие характеризуется рациональным использованием природных ресурсов, энерго- и ресурсосбережением, состоянием защищенности природной среды и человека от опасных воздействий, благоприятными условиями жизнедеятельности. Все это не связано с обращением экологически опасных объектов в виде «отходов». Отходы не являются предметом удовлетворения рациональных потребностей человека и по определению не способствуют симбиозу природно-техногенной системы устойчивой среды жизнедеятельности
<i>Накопленный практический опыт эффективного обращения с использованными предметами, веществами без оказания опасного воздействия на природную среду</i>	
Западноевропейских стран	Уровень повторного использования ресурсной составляющей использованной продукции достигает 85–90 % (при наличии термина «waste», трактуемого более чем в десяти различных значениях)
В царской России понятие «отходы» в обороте отсутствовало	Бывшие в употреблении товары и изделия – «утиль», «отбросы» – передавались в источнике образования (домовладениях, фабриках, заводах) лицам, осуществлявшим коммерческую деятельность по их повторному применению, либо самостоятельно использовались в виде побочной продукции, возвратного сырья, топлива
В Советском союзе понятие «отходы» в обороте не употреблялось до второй половины 80-х гг.	Эффективная плановая вертикальная система сбора, заготовки, использования ВР в источниках образования или заготовительных пунктах вторсырья. Моральная, социальная, экономическая мотивация населения к его сбору и сдаче. Употребляемые понятия: макулатура, металлолом, стеклотара, утиль, старые вещи, тряпье, сор, вторичные материалы, пищевые отбросы и остатки, мусор
<i>Толкование понятия «waste» в словарях английского языка</i>	
XIX в.	Описание действия: бесполезный, напрасный, потраченный впустую, расточительно
Первая половина XX в.	Дополнительно. Характеристика предмета: непригодный, излишний, использованный бесцельно или бессмысленно
50–70-е гг. XX в.	Дополнительно. Материализация понятия: потери, обрезки, обрывки, лом, стоки и придание свойства: отработанные
Последняя четверть XX в.	Появление понятия, характеризующего опасный для человека и природы предмет, не имеющий перспектив дальнейшего использования на благо общества – отходы

Таким образом, искусственно навязанный в рамках общественных правоотношений в 90-х гг. прошлого века российскому обществу термин «отходы», характеризующий колоссальный вред природной среде и экономический ущерб природным ресурсам, действия лиц вокруг его обращения в сложившихся социально-экономических условиях, стали в России правовым препятствием и существенным тормозом для развития экономики замкнутого цикла, перехода системы хозяйствования и жизнеобеспечения на ресурсосберегающий технологический уклад.

Ранее рядом исследователей для создания эффективной системы обращения с ТКО предлагалось разделить отходы на максимально возможное количество потоков на ранних стадиях их движения (образование, сбор), что позволит обеспечить наиболее полное их использование в качестве вторичного сырья и тем самым снизить поступление их на размещение.

Так, прогрессивная методика [15] реализует мотивацию хозяйствующих субъектов к внедрению системы раздельного сбора и участию в заготовке вторичного сырья путем нормирования доли ВС в нормативных документах. Определение доли ВС предложено производить на основе нормативов образования, морфологического и фракционного состава отходов по источникам и по компонентам, с учетом установленного теоретического уровня рециклинга ( $Y_p^T$ ). В зависимости от политики региона в области управления отходами определяется установленная доля рециклинга ( $D_p^Y$ ). Лимит на образование и размещение отходов в окружающей среде (Л) рассчитывается путем уменьшения нормативно установленного количества образующихся ТКО (Н) на установленный норматив заготовки ВС ( $Z_{BC}$ ):

$$Z_{BC} = (Y_p^T) \cdot (D_p^Y); \quad (1)$$

$$Л = Н - Z_{BC}. \quad (2)$$

Предложенная методика является одним из элементов комплексной системы развития раздельного сбора, накопления, заготовки и обработки ВС, включения в нее природопользователей и населения, развитие экономических стимулов эффективного обращения с потенциальными ресурсами.

Следует учесть, что образование ТКО и их дальнейшее размещение на полигонах ТКО влечет в конечном итоге загрязнение биосферы и потерю ресурсной составляющей отходов, возможность ее использования в качестве вторсырья. В проведенных исследованиях [16] методом экспертных оценок в соответствии с разработанными принципами обращения с ТКО выбраны четыре группы показателей. По ним проводилась оценка сценариев: экологиче-

ские – воздействие на атмосферу ( $B_a$ ) и гидросферу ( $B_f$ ); ресурсные – ресурсосбережение ( $P_{pc}$ ), экономия земельных ( $P_3$ ) и энергетических ресурсов ( $P_э$ ); экономические – удельная стоимость обращения с 1 т ТКО ( $C_{уд}$ ); и «вечное захоронение» ( $\Pi_{вз}$ ). При помощи критериальной матрицы, включающей ряд  $i = 1-7$  самостоятельных показателей  $K_i$  ( $B_a, B_f, P_{pc}, P_3, P_э, C_{уд}, \Pi_{вз}$ ), проведено ранжирование ( $R_{ij}$ ) сценариев  $j$  ( $j = 1-18$ ) по каждому показателю  $K_i$ , в соответствии с критериальными условиями  $K_j$  и определен суммарный ранг  $R_j$  каждого сценария  $j$ , характеризующий его относительную эффективность.

Таким образом, в рассмотренных концепциях прослеживается два направления ресурсосберегающей стратегии при обращении с использованной продукцией. Во-первых, рост объема повторного применения ресурсного потенциала, характеризующий эффективность системы ресурсосбережения, во-вторых, учет эколого-экономических показателей влияния на объекты биосферы возможных последствий захоронения ТКО на полигонах. Решая эту задачу с помощью оптимизации затрат ( $Z$ ), учитывающих штрафные платежи (ущерб) за загрязнение окружающей среды ( $Y$ ), показатель эффективности системы ресурсосбережения ( $\Xi$ ) и понесенных затрат на развитие технологий вторичной переработки ТКО ( $Q$ ) нами предлагается система уравнений:

$$\Xi = \begin{cases} Q = f_1(Z) \\ Y = f_2(Z). \end{cases} \quad (3)$$

При решении приведенной системы можно получить оптимизационный экономический показатель развития системы ресурсосбережения.

Важно заметить, что задачи централизованного системного управления, стратегического планирования, экономического и иных видов регулирования обращения с отходами фактически выпали из зоны интересов государства. Наша страна так и не перешла к полноценной реализации общемировых приоритетов, определяющих размещение и сжигание отходов самыми неприоритетными и опасными для природы и здоровья людей. Действующие регулятивные инструменты не нацелены на максимальное применение исходных материалов и сырья, отдельный сбор, максимальное извлечение ресурсной составляющей в источниках образования, снижение класса опасности таких антропогенных объектов, создание мер поддержки, стимулирования ресурсосберегающих организационно-технических решений. Плата за размещение отходов давно утратила свой стимулирующий эколого-экономический смысл, является тормозом для развития бизнеса. Хозяйствующим субъектам организационно проще

и выгоднее размещать коммунальные, строительные и промышленные (завуалированные в смеси с ТКО) отходы на полигонах. Ситуация резко усугубляется при размещении отходов на несанкционированных свалках.

Пятый год подряд федеральными органами представительной и исполнительной власти пока безуспешно решается значимый вопрос, в какой трактовке и в какой законодательный акт определить основные понятия экономики замкнутого цикла – вторичные ресурсы и вторичное сырье, создавать новое законодательство в данной сфере или актуализировать старое.

Полумеры по совершенствованию правовой базы, ежегодное «латание» и реформация экологического законодательства в хозяйственно-экономическую плоскость в угоду интересам отдельных игроков прибыльного «мусорного» бизнеса, по мнению авторов, не смогут принести существенных результатов в плане эффективного вовлечения ресурсного потенциала отходов в хозяйственный оборот, способствовать скорейшему переходу национальной экономики на ресурсосберегающий технологический уклад.

Авторами работы сформулирован примерный стратегический план действий по переходу к экономике замкнутого цикла с учетом сложившихся национальных специфических условий, факторов, особенностей, ограничений.

1. Политическая воля. Здесь можно привести позитивные примеры решения проблем отходов нашими партнерами по СНГ – республиками Беларусь, Казахстан, Узбекистан. Твердо и четко поставленные руководителями этих государств задачи по наведению экологического порядка в установленные сроки, жесткий спрос с чиновников и коммерсантов привели к созданию и развитию в кратчайшие сроки эффективных ресурсосберегающих систем обращения с ресурсным потенциалом коммунальных и промышленных отходов. Результатом стало обеспечение чистоты и порядка на территориях, налаженная система отдельного сбора, обработки ресурсных компонентов отходов в источниках образования – на производстве, в социальной сфере, в жилищно-коммунальном секторе. Предприниматели и жители экономически заинтересованы в отдельном сборе и сдаче вторичного сырья, а государство – в его переработке с выпуском новой продукции, производством различных видов работ, применением в качестве альтернативных источников энергии.

2. Четкое определение предмета товарных отношений экономики замкнутого цикла. Опасные для окружающей среды и токсичные для здоровья человека «отходы» как таковые не являются предметом товарно-денежных отношений.

Исключение понятия «отходы» из системы общественных правоотношений и его замена в законодательстве терминологией экономики



замкнутого цикла (вторичные материальные и энергетические ресурсы, вторичное сырье и пр.) – пожалуй, единственный в сложившихся условиях импульс для начала формирования новых ресурсно-экономических отношений. Что от этого шага выигрывает государство, общество и бизнес?

Во-первых, подстегивание, активизация, ускорение начала перехода промышленности на ресурсосберегающий технологический уклад хозяйствования и замкнутый цикл обращения сырья, ресурсов, продукции с прекращением практики преимущественного захоронения отходов.

Во-вторых, формирование новой законодательной базы экономики замкнутого цикла – без понятия, характеризующего опасный предмет, не относящийся к сфере товарно-денежных отношений. Попытки ряда чиновников включить в ФЗ «Об отходах производства и потребления» четыре совершенно различных по смыслу, назначению, правовому регулированию понятия – «отходы», «вторичные ресурсы», «побочный продукт», «вторичное сырье» – тормозят развитие правовой системы, определяющей основы общественных отношений в рамках строящейся национальной экономики замкнутого цикла.

В-третьих, трансформация нормативно-правового обеспечения обращения использованной продукции из экологического права в область промышленной политики, технического регулирования, экономического развития.

В-четвертых, реформация общественного сознания, стиля поведения, отношения граждан к бывшим в употреблении предметам, изделиям не как к ненужным, опасным и токсичным отходам, а как к потенциально полезным ресурсам экономики, источнику воспроизводства общественных благ в целях сохранения природных богатств страны, безопасной жизнедеятельности.

В-пятых, реальное задействование и воплощение на производстве и в коммунальном секторе первостепенных приоритетов экономики замкнутого цикла – максимального использования исходных материалов и сырья, а также предотвращения образования отходов (т.е. их отсутствие как таковых). Какой эффект сейчас достигается от раздельного сбора ресурсных компонентов на производстве или от населения, если мусорными компаниями впоследствии все это в смешанном виде под эгидой категории «отходы» направляется на размещение в природную среду или сжигание на мусоросжигательный завод?

В-шестых, устранение опасного для устойчивого развития промышленности и предпринимательства сложившегося десятилетиями инструмента давления недобросовестных природоохранных чиновников на весь российский бизнес.

Автоматически снимутся нормативно-регулятивные, лицензионно-разрешительные и иные искусственно выстроенные ограничения на развитие малого и среднего бизнеса в сфере раздельного сбора, заготовки, обработки, использования вторичных ресурсов и сырья, что послужит важнейшим фактором становления цивилизованной, свободной от давления чиновников, конкурентоспособной цикличной экономики. На новые направления деятельности плавно перейдет и система региональных операторов обращения, но уже не с опасными отходами, ограниченными только ТКО, а с ВР и сырьем.

Коллективом авторов настоящей работы разработаны концептуальная, теоретико-множественная, аналоговая математическая модели принципиально нового регулятора – регионального оператора по обращению с полезными ресурсными компонентами образующихся всех видов городских отходов.

3. Взвешенное, комплексное сочетание передовых зарубежных достижений и отечественных традиций, накопленного богатейшего исторического опыта в рассматриваемой сфере. В мире все новое по большей части возникает на стыке наук, направлений, предметных областей. Разумно совмещая и развивая западные подходы цикличной экономики, стратегии «ноль отходов» с отечественными концепциями «возобновляющих ресурсы технологий», «безотходных технологических процессов», достижениями эффективно функционировавшей вертикальной социалистической «экономики замкнутого цикла», можно добиться построения адаптированной ко всем российским специфическим условиям, факторам, особенностям инновационной, социально-ориентированной, рентабельной экономической системы обращения материально-сырьевых ресурсов и продукции с соблюдением всех требований экологии, охраны труда и здоровья человека.

4. Принципиально новое современное законодательство, в полном объеме регулирующее правоотношения в области экономики замкнутого цикла.

5. Плавный полный переход в пятилетний срок от разрушающей природную среду сферы обращения экологически опасных отходов к ресурсосберегающей системе обращения вторичных ресурсов и сырья на основе принципа «все полезное задействуется в экономике без попадания в природную среду». Оптимальное сочетание размещенных с учетом обеспечения безвредности для природы и населения объектов высокотемпературной энергетической утилизации не востребованных для производства продукции отработанных синтетических полимерных предметов и веществ, а также переработки не утилизируемых органических остатков в рекультиванты полигонов.

6. Создание новых организационно-управленческих, технических, финансово-экономических систем, механизмов, методов, инструментов построения

эффективной экономики замкнутого цикла, стимулирования бизнеса к раздельному сбору, заготовке, обработке, переработке вторичного сырья, производству продукции и работам с его применением. К ним могут быть отнесены товарные рынки, электронные биржи вторичного сырья, продукции, с его использованием, ГИС мониторинга обращения вторичных ресурсов и пр.

7. Разработка каталогов, классификаторов, кодификаторов вторичных ресурсов и сырья (а не информационных справочников, не несущих никакой целевой нагрузки в части формирования новой системы правоотношений в сфере замкнутого ресурсно-сырьевого цикла). Разработка необходимого пакета документов по стандартизации, устанавливающих требования к вторичному сырью, продукции, работам с его применением, этапам обращения вторичных ресурсов и сырья. Соответственно актуализация ОКВЭД-2 и ОКПД-2 в части, касающейся новой деятельности и продукции.

8. Формирование системы органов исполнительной власти в области управления, контроля и регулирования ресурсосбережения, обращения вторичных ресурсов и сырья. Таким органом на федеральном уровне может стать специальное федеральное агентство в составе Минэкономразвития или иного ведомства либо подчиненное Правительству Российской Федерации.

Важнейшее практическое значение для реализации предлагаемой стратегии решения проблемы имеют сформированные по результатам исследований работы основные положения «Типового проекта региональной (отраслевой) Концепции обращения с ВР». Ресурсосберегающей идеей Концепции служит создание организационно-технических, правовых, экономических условий для повышения эффективности использования ресурсов техногенного происхождения в рамках формирования экономики замкнутого цикла. В результате ее функционирования остатки продукции и сырья в виде ВР, образовавшихся в процессе производства, оказания услуг или потребления, не выводятся из оборота в виде отходов в природную среду, а идентифицируются в качестве материально-сырьевых ресурсов.

Правовой базой концепции является выделение ВР в качестве отдельной правовой категории результатов хозяйственной деятельности или процессов потребления, а также институциональное и техническое регулирование обращения с ними. Предметом правового регулирования служат отношения, возникающие в связи с обращением ресурсных компонентов для производства продукции, работ, энергии, собственных нужд, реализации иным лицам.

В основе разрабатываемого документа методически закреплены положения, определяющие комплекс организационно-технического, управленческого, экономического, правового обеспечения эффективной реализации принципов обращения с ВР. С учетом приоритетных направлений постав-

ленных государственных и отраслевых задач разрабатывается система целевых показателей и сценарных условий переработки продукции строительного и коммунального комплекса, завершившей срок эксплуатации.

Методика разработки концепции, определяющей основные направления реализации механизма обращения ресурсных компонентов использованной продукции охватывает одиннадцать этапов (см. рисунок).

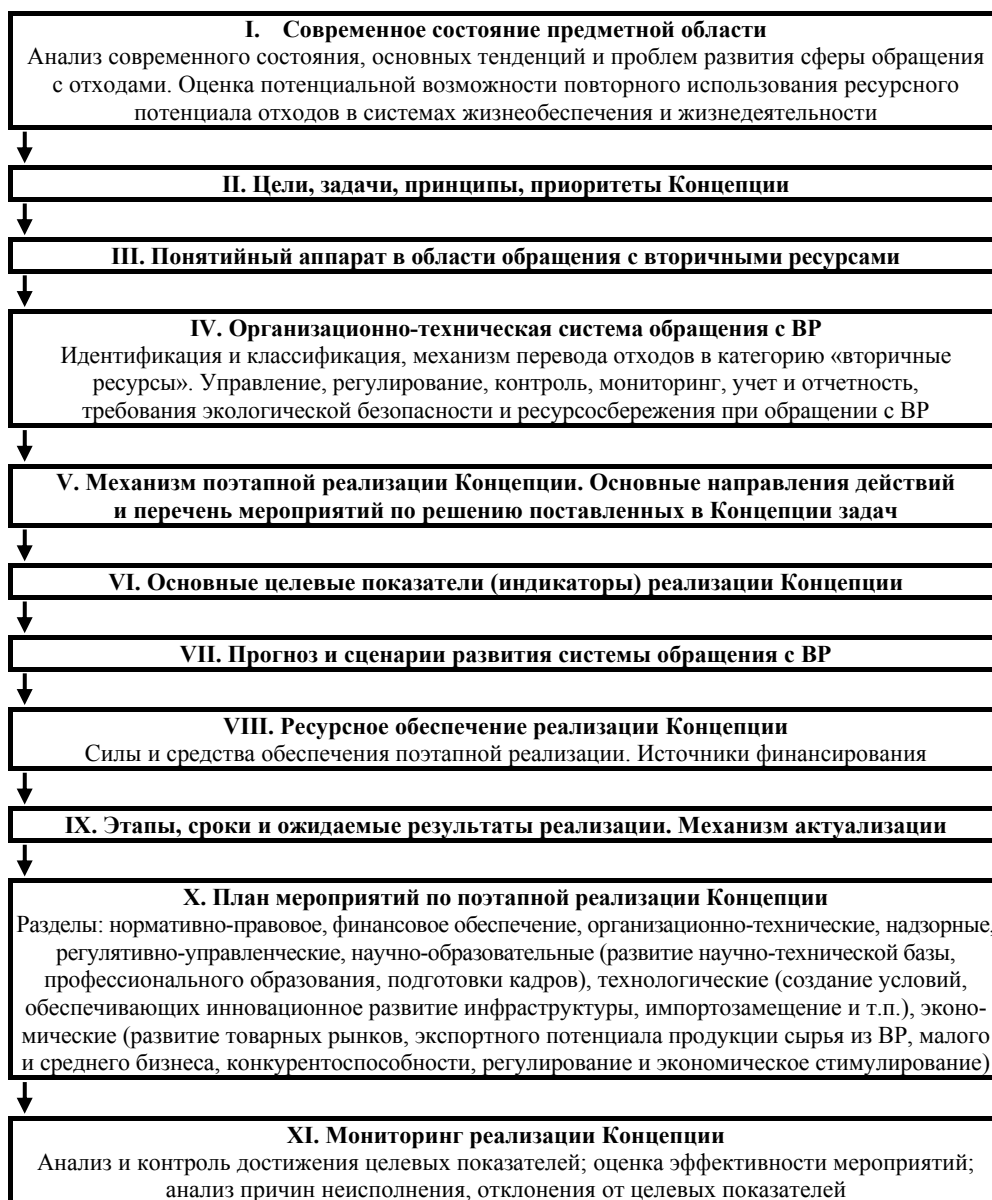


Рис. Структура концепции экологически безопасного обращения с ВР

Немаловажной составляющей предлагаемой Концепции является разработанный комплекс показателей (индикаторов) функционирования ресурсо-восстановительных систем жизнеобеспечения, приведенный в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономические индикаторы эффективности реализации Концепции ресурсовосстановительной системы экологически безопасного жизнеобеспечения

Наименование целевого показателя (предложение по результатам исследований)	Единицы измерения
<i>Технико-технологические</i>	
Количество введенных в эксплуатацию производств по выпуску продукции из вторичных ресурсов в результате технического перевооружения, модернизации объектов (с наименованием видов вторичных ресурсов, продукции, работ, произведенных с их использованием)	Штук
Количество объектов, процессов, на которых внедрены мероприятия, нормативно-техническая документация по ресурсосбережению до уровня безотходного / малоотходного производства (с указанием экономии природных ресурсов, сырья при выпуске единицы товара)	Штук
Количество внедренных систем раздельного сбора и предварительной обработки с извлечением вторичных ресурсов и побочных продуктов (возвратного сырья)	Штук
Количество внедренных комплексов раздельного сбора и обработки ВР, включая стационарные и передвижные пункты сбора вторичного сырья	Штук
<i>Социально-экономические</i>	
Стоимость вторичных ресурсов в материальных затратах на выпуск продукции, работ	Млн руб.
Стоимость генерированной энергии с использованием вторичных энергетических ресурсов в общем объеме энергопотребления	Млн руб.
Объем товарооборота (рынка) вторичных ресурсов в качестве вторичного сырья	Млн руб.
Количество наименований продукции, работ, услуг, при производстве (выполнении, оказании) которых установлен норматив использования вторичных ресурсов	Штук

**Выводы.** В работе обоснована теоретико-методологическая база по трансформации общественных отношений в сфере обращения с использованными в процессе жизнедеятельности предметами, веществами из преимущественно экологической области в область экономического развития, технического регулирования, промышленной политики. Для решения поставленной цели авторами разработаны механизмы организации и управления, технического регулирования, учитывающие параметры устойчивого экологически безопасного развития системы жизнеобеспечения, ее перехода на ресурсосберегающий технологический уклад с внесением соответствующих поправок в национальную нормативно-правовую базу.

По результатам настоящего исследования представлены инновационные предложения и рекомендации по переходу действующей системы жизнеобеспечения населенных пунктов на ресурсосберегающую экологически безопасную систему хозяйствования, обеспечивающую устойчивое социально-экономическое, экологическое развитие коммунально-строительного и связанных с ним комплексов, обеспечивающих благоприятную окружающую среду и условия жизнедеятельности населения.

Коллектив авторов настоящей работы готов к сотрудничеству с органами исполнительной власти федерального и регионального уровней, отраслевыми производственными объединениями, компаниями в части выработки инновационной концепции ресурсосбережения и экологически безопасного обращения с вторичными материально-сырьевыми ресурсами.

#### Библиографический список

1. Чертес К.Л., Шестаков Н.И. Современные биопозитивные технологии переработки отходов коммунально-строительного сектора // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 8. – С. 1135–1146.
2. Калюжный Б.О. Экономика замкнутого цикла – новая парадигма // Твердые бытовые отходы. – 2018. – № 4(142). – С. 8–9.
3. Лунев Г.Г. Развитие методологии комплексного использования вторичных строительных ресурсов. – М.: Научтехлитиздат, 2019. – 284 с.
4. Суздалева А.Л. Системная техноэкология и управляемые природно-технические системы // Безопасность в техносфере. – 2016. – Т. 5, № 3. – С. 6–14.
5. Пугин К.Г. Управление отходами ферросплавного производства // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2017. – № 8. – С. 96–99.
6. Kostarev S.N. and Sereda T.G. Development of the automated workstation for the operator of the solid municipal wastes landfill // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 677 (4). – P. 042107.
7. Утилизация техногенных отходов в качестве добавок для модификации малопластичного глинистого сырья / Г.М. Батракова, В.А. Шаманов, Е.И. Панькова [и др.] // Экология промышленного производства. – 2021. – № 3(115). – С. 14–18. – DOI 10.52190/2073-2589\_2021\_3\_14
8. Disinfecting of the leachate of solid waste landfills with the application of hydrobiological cleaning / S.N. Kostarev, T.G. Sereda, K.A. Sidorova, O.V. Kochetova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 315 (5). – P. 052008.
9. Sereda T.G., Kostarev S.N. Development of automated control system for waste sorting // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 537 (6). – P. 062012.
10. Development of an automated system for integrated environmental monitoring of a municipal waste landfill / S.N. Kostarev, K.A. Sidorova, R.Kh. Ravilov, O.V. Kochetova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 537 (6). – P. 062028.
11. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy / E. Tshovrebov, E. Velichko, S. Kostarev, U. Niyazgulov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 937. – P. 042062.
12. Цховребов Э.С. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. – М.: Космосинформ, 1996. – 527 с.
13. Цховребов Э.С., Величко Е.Г. Теоретические положения формирования методологии создания комплексной системы обращения строительных отходов // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 83–93.
14. Оценка экологической безопасности строительства на основе модели полного ресурсного цикла / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, Н.В. Бакаева, С.А. Кобелева // Научный вестник Воронежско-

го государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2016. – № 4(44). – С. 169–176.

15. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. «Зеленая» стандартизация технологий формирования природо-подобной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 5 (116). – С. 558–567.

16. Теличенко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 6. – С. 5–12.

17. Вайсман Я.И., Тагилова О.А., Садохина Е.Л. Разработка методологических принципов создания и оптимизации учета движения отходов с целью повышения эколого-экономико-социальной эффективности управления их обращением // Экология и промышленность России. – 2013. – № 12. – С. 40–45.

18. Рудакова Л.В., Коротаев В.Н. Организация санитарной очистки населенных мест от твердых бытовых отходов (на примере г. Перми). – Пермь, 1997. – 93 с.

19. Коротаев В.Н. Научно-методические основы и технические решения по снижению экологической нагрузки при управлении движением твердых бытовых отходов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2000. – 47 с.

20. Трухин Ю.М. Оптимизация санитарной очистки урбанизированных территорий от твердых бытовых отходов на примере г. Перми: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2002. – 18 с.

21. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States // Ecological Economics. – 2019. – Vol. 155. – P. 7–19.

22. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment / J. Hart, K. Adams [et al.] // Procedia CIRP. – 2019. – No. 80. – P. 619–624.

23. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the Int. Resource Panel [Электронный ресурс] / E. Hertwich, R. Lifset, S. Pauliuk, N. Heeren // United Nations Environment Programme. – Kenya. 2020. – URL: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon> (дата обращения: 22.04.2022).

24. Goldstein B.P., Rasmussen F.N. LCA of Buildings and the Built Environment // Life Cycle Assessment. Theory and Practice. – Springer, 2018. – P. 695–722.

## References

1. Chertes K.L., Shestakov N.I. Sovremennyye biopozitivnyye tehnologii pererabotki otkhodov kommunalno-stroitel'nogo sektora [Modern biopositive technologies of waste processing in the municipal construction sector]. *Vestnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)*, 2020, vol. 15, no. 8, pp. 1135–1146.

2. Kalyuzhny B.O. Ekonomika zamknutogo tsykla – novaya paradigma [Closed-loop economics – a new paradigm]. *Tverdye bytovyye otkhody*, 2018, no. 4, pp. 8–10.

3. Lunev G.G. Razvitiye metodologii kompleksnogo ispol'zovaniya vtorykh stroitel'nykh resursov [Development of methodology of complex use of secondary construction resources]. Moscow, Nauchtekhlitizdat, 2019, 284 p.

4. Suzdaleva A.L. Sistemnaya tehnoekologiya i upravlyaemye prirodno-tehnicheskie systemy [System technoeology and management nature-technical systems] // *Bezopasnosty v tehnosfere*, 2016, vol. 5, no 3, pp. 6–14.

5. Pugin K.G. Upravlenie otkhodami ferrosplavnogo proizvodstva [Waste management of ferrosplav industri]. *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economical Information*, 2017, no. 8, pp. 96–99.

6. Kostarev S.N. and Sereda T.G. Development of the automated workstation for the operator of the solid municipal wastes landfill. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 677(4), p. 042107.

7. Batrakova G.M., Shamanov V.A., Pan'kova E.I. et al. Utilizatsiya tekhnogennykh otkhodov v kachestve dobavok dlia modifikatsii maloplastichnogo glinistogo syr'ia [Utilization of technogenic waste as additives for modification of low-plastic clay raw materials]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, 2021, no. 3(115), pp. 14–18. DOI: 10.52190/2073-2589\_2021\_3\_14.

8. Kostarev S.N., Sereda T.G., Sidorova K.A., Kochetova O.V. Disinfecting of the leachate of solid waste landfills with the application of hydrobiological cleaning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 315 (5), p. 052008.

9. Sereda T.G., Kostarev S.N. Development of automated control system for waste sorting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 537(6), p. 062012.

10. Kostarev S.N., Sidorova K.A., Ravilov R.Kh., Kochetova O.V. Development of an automated system for integrated environmental monitoring of a municipal waste landfill. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 537 (6), p. 062028.

11. Tshovrebov E., Velichko E., Kostarev S. and Niyazgulov U. Mathematical model of environmentally friendly management of construction waste and waste of urban economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 937, p. 042062.

12. Tshovrebov E.S. Oхрана okruzhayushey sredy na zheleznodorozhnom transporte [Preservation on a railway transportation]. Moscow, Kosmosinform, 1996, 527 p.

13. Tshovrebov E.S., Velichko E.G. Teoreticheskie polozheniya formirovaniya metodologii sozdaniya kompleksnoy sistemy obrasheniya stroitelnykh othodov [Theoretical provisions of the formation of the methodology for the creation of an integrated system for the treatment of construction waste]. *Vestnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 83-93.

14. Il'ichev, V.A., Kolchunov, V.I., Bakaeva, N.V., Kobeleva S.A. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'stva na osnove modeli polnogo resursnogo tsikla [Assessment of the environmental safety of construction based on the full resource cycle model]. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2016, no. 4(44), pp. 169-176.

15. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. «Zelenaya» standartizatsiya tehnologiy formirovaniya prirodopodobnoy sredy zhiznedeятельности [“Green” standardization of technologies for forming the nature-friendly living environment]. *Vestnik MGSU (Monthly Journal on Construction and Architecture)*, 2018, vol. 13, iss. 5(116), pp. 558–567.

16. Telichenko V.I., Shcherbina E.V. Sotsialno-prirodno-tehnogennaya sistema ustoichivoy sredy zhiznedeятельности [Social-Natural-Technogenic System of Sustainable Environment of Vital Activity]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2019, no. 6, pp. 5–12.

17. Vajsman J.I., Tagilova O. A, Sadohina E.L. Razrabotka metodologicheskikh printsipov sozdaniya i optimizatsii ucheta dvizheniya othodov s tselyu povysheniya ekologo- ekonomicheskoy - sotsialnoy effektivnosti upravleniya ih obrasheniem [Working of methodological principles of creation and optimisation of the account of movement of a waste for the purpose of increase ecology - economic - social efficiency their reference]. *Ecologiya i promyshlennosty Rossii*, 2013, no. 12, pp. 40-45.

18. Rudakov L.V., Korotaev V.N. Organizatsiya sanitarnoy ochistki naseleennykh mest ot tverdykh bytovykh othodov (na primere g. Permi) [Organization of sanitary cleaning of settlements from solid household waste (on the example of Perm)]. Perm, 1997, 93 p.

19. Korotaev V.N. Nauchno-metodicheskiye osnovy i tehnicheckie resheniya po snizheniyu ekologicheskoy nagruzki pri upravlenii dvizheniem tverdykh bytovykh othodov [Scientific and methodological foundations and technical solutions to reduce the environmental burden in the management of solid waste movement]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Perm, 2000, 47 p.

20. Truhin Yu.M. Optimizatsiya sanitarnoy ochistki urbanizirovannykh territoriy ot tverdykh bytovykh othodov na primere g. Permi [Optimization of sanitary cleaning of urbanized territories from solid household waste on the example of Perm]. Abstract of Ph. D. thesis. Perm, 2002, 18 p.

21. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States. *Ecological Economics*, 2019, vol.155, pp. 7-19.

22. Hart, J., Adams, K. and others. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*, 2019, no. 80, pp. 619–624.

23. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A Report of the Int. Resource Panel. *United Nations Environment Programme*, Kenya. 2020, available at: <https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon> (accessed 22 April 2022).

24. Goldstein, B.P., Rasmussen, F.N. LCA of Buildings and the Built Environment. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Springer, 2018, pp. 695-722. DOI:10.1007/978-3-319-56475-3\_28



**S. Kostarev, T. Sereda, K. Pugin, E. Tskhovrebov**

**TRANSITION OF THE LIFE SUPPORT SYSTEM TO A CLOSED  
CYCLE OF RESOURCE AND RAW MATERIAL CIRCULATION:  
TRENDS, MECHANISMS, PROSPECTS**

The theme of research was the actual problem of production and consumption waste management, prevention of their negative impact on the environment. The purpose of research is development of conceptual approaches, mechanisms of transition of system of life support of municipal formations and regions on the closed cycle of the resource and raw material handling of production at all stages of its life cycle. In accordance with the goal set in the work the following tasks are solved: a retrospective, comparative analysis of the treatment of the subject of environmental legal relations – production and consumption waste; assessment of the sphere of solid municipal waste treatment is given; promising ways and mechanisms of transition to resource-saving system of secondary resources and raw materials treatment as the basis for the formation of closed-loop economy in the life support system of settlements are proposed; the configuration of the regional concept of treatment in By the results of the research the necessity of updating the legislative base with the terminology of the economy of the closed cycle with the exception of the term "waste" as a subject of legal and technical regulation was substantiated. The proposed theoretical approach can act as a legal instrument for the transition of the domestic economy to the resource-saving path of sustainable development, ensuring environmental safety of life support of residential areas. It is proposed to create a comprehensive system for the treatment of construction or other products, used items, substances that have completed their service life - not as hazardous waste, but as secondary material resources – potential sources of meeting the needs of society, safe for the natural environment and human health.

**Keywords:** environmental safety, secondary resources, construction and urban economy, resource conservation, life support, solid municipal waste, recycled materials.

**Костарев Сергей Николаевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., д. 29); профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 614990, ул. Петропавловская, д. 23); профессор кафедры «Зоотехника», Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России (Пермь, 614012, ул. Карпинского, д. 125, ORCID: 0000-0002-3097-7037, e-mail: iums@dom.raid.ru).

**Середа Татьяна Геннадьевна** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные технологии», Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 614990, ул. Петропавловская, д. 23, e-mail: iums@dom.raid.ru).

**Пугин Константин Григорьевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, 614990, Комсомольский пр., д. 29); заведующий кафедрой «Строительные технологии», Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 614990, ул. Петропавловская, д. 23).

**Цховребов Эдуард Станиславович** (Москва, Россия) – кандидат экономических наук; доцент; ученый секретарь отделения «Проблемы экологической безопасности и устойчивого развития», Академия инженерных наук имени А.М. Прохорова (Москва, 123557, Пресненский вал, 19, e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru).

**Sergey Kostarev** (Perm, Russian Federation) – Dr. Sci. Tech., Professor of the Department of Information Technologies and Automated Systems, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolski av., 614990, Perm); Professor of the Department of Life Safety, Perm State Agrarian-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov (23, Petropavlovskaja str., 614990, Perm); Professor of the Department of Animal Science, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (125, Karpinskogo str., 614012, Perm, ORCID: 0000-0002-3097-7037, e-mail: iums@dom.raid.ru).

**Tatayna Sereda** (Perm, Russian Federation) – Dr. Sci. Tech., Professor of the Department of Building Technologies, Perm State Agrarian-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov (23, Petropavlovskaja str., 614990, Perm, e-mail: iums@dom.raid.ru).

**Konstantin Pugin** (Perm, Russian Federation) – Dr. Sci. Tech., Professor of the Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolski av., 614990, Perm); Head of the Department of Building Technologies, Perm State Agrarian-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov (23, Petropavlovskaja str., 614990, Perm).

**Eduard Tskhovrebov** (Moscow, Russian Federation) – Candidate of Economic Sciences; Associate Professor; A.M. Prokhorov Academy of Engineering Sciences, Scientific Secretary of the Department of Environmental Safety and Sustainable Development (19, Presnensky Val str., 123557, Moscow, e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов** равноценен.

Поступила: 21.04.2022

Одобрена: 16.05.2022

Принята к публикации: 30.08.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Переход системы жизнеобеспечения на замкнутый цикл ресурсно-сырьевого обращения: тенденции, механизмы, перспективы / С.Н. Костарев, Э.С. Цховребов, Т.Г. Середина, К.Г. Пугин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2022. – № 2. – С. 69–86. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.07

Please cite this article in English as: Kostarev S., Tskhovrebov E., Sereda T., Pugin K. Transition of the life support system to a closed cycle of resource and raw material circulation: trends, mechanisms, prospects. *PNRPU Bulletin. Applied ecology. Urban development*, 2022, no. 2, pp. 69-86. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.07