СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ КАК КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

**Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева,
П. В. Монастырев, В. П. Ярцев**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия*

Рецензент д-р техн. наук, профессор В. В. Леденев

Ключевые слова: концепции; научные основания; строительство; техногенные отходы; технологические решения; утилизация.

Аннотация: В комплексной системной постановке проанализирована проблема строительно-технологической утилизации неорганических техногенных отходов промышленности. Рассмотрены методологические, экологические, технические и инновационные вопросы.

Актуальность проблемы. Тема Международной научно-практической конференции «В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов» (г. Тамбов, 7 – 9 июня 2016 г.) отвечает современным приоритетам проблемы формирования и обеспечения архитектурными, градостроительными и строительными средствами биосферно-совместимой безопасной и благоприятной среды обитания человека и общества [1]. В этой связи обоснованным и актуальным представляется рассмотрение концепции и научных оснований строительно-технологической утилизации техногенных отходов [2].

Чернышов Евгений Михайлович – доктор технических наук, профессор, академик Российской академии архитектуры и строительных наук, директор образовательного творческого академического центра «Архстройнаука», e-mail: chem@vgasu.vrn.ru; Потамошнева Нина Дмитриевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующая сектором образовательного творческого академического центра «Архстройнаука», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж, Россия; Монастырев Павел Владиславович – доктор технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги», директор института архитектуры, строительства и транспорта; Ярцев Виктор Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия.

Образование техногенных отходов, являющееся объективным результатом развития индустриального общества, его техногенеза, имеет самое непосредственное отношение к биосферной совместимости техногенной среды и среды обитания человека и общества. Такое «отношение» понимается через динамику накопления и утилизации отходов. Сегодня параметры данной динамики имеют четко выраженную негативную тенденцию, предопределяющую возможность загрязнения окружающей природной и градостроительной среды. Количество только твердых отходов разнообразной деятельности человека на Земле (антропогенное воздействие) характеризуется величиной, близкой к 300 млрд т или около 50 т в расчете на одного ее жителя в год. При этом определяющую и серьезную экологическую опасность представляют промышленные техногенные отходы горнорудной, металлургической, топливно-энергетической, химической, машиностроительной, радиоэлектронной и других отраслей, в которых наибольшая часть сырья, использованного для получения целевого продукта, – отходы. Только 5 – 10 % всего добываемого и применяемого природного сырья переходит в целевую конечную продукцию, тогда как 90 – 95 % превращаются в отходы [3, 4].

Одним из основных направлений решения вопросов, связанных с последствиями техногенеза, является строительно-технологическая утилизация отходов, поскольку именно строительство и промышленность строительных материалов способны обеспечить масштабы потребления отходов, сопоставимые с масштабами их образования [5].

В многочисленности и разнообразии видов техногенных отходов, обуславливающих их индивидуальность и специфичность, заключена методологическая трудность, заставляющая исследователя каждый раз прибегать к рассмотрению и решению задачи с получением частного результата, который необходим и оправдан. Такое рассмотрение и решение, как правило, имеет фрагментарное значение и не включает в себе необходимой комплексности, методологической общности и системности, основательности. Понимание этого подталкивало исследователей к разработке соответствующих вопросов классификации и систематизации техногенных отходов, выявлению их общих физических и физико-химических признаков и генетических характеристик, закономерностей их участия в процессах структурообразования и др. Все это определило положительную роль в постановке исследований и разработок. Однако обсуждение вопросов развития современных фундаментально-прикладных исследований, связанных не только с химико-технологическими, но и организационно-экономическими проблемами утилизации техногенных отходов, остается по-прежнему актуальным.

Поэтому в структуру Программы фундаментальных, поисковых и прикладных НИР Российской академии архитектуры и строительных наук на 2013 – 2020 гг. впервые включено новое направление «Выявление тенденций развития и прогнозные исследования», в составе которого предусмотрен раздел «Прогнозные исследования по решению проблемы полной переработки техногенных отходов промышленных предприятий в строительные материалы». Данная формулировка раздела, несомненно, отвечает вызовам времени, поскольку нацеливает на фундаментальное рассмотрение многолетней и острейшей проблемы максимально возможной утилизации техногенных отходов промышленности.

Основополагающие концепции в проблеме строительно-технологической утилизации техногенных отходов. Накопление техногенных отходов, вследствие того что их утилизация до сих пор не имеет значимых масштабов, стало планетарным фактором и играет определяющую роль в мировой динамике [6 – 8]. Техногенные воздействия и отходы, сопровождающие производственно-технологическое развитие общества, направляются в природу, окружающую среду, создавая негативный для экологии фон. В итоге, производственно-технологическая деятельность человека, нацеленная изначально на повышение качества жизни, сопровождается сокращением запасов природных ресурсов, загрязнением окружающей среды. На определенном этапе это приводит к закономерному ухудшению качества жизни, параметров биосферно-совместимой безопасной среды обитания человека, показателей демографической динамики и, как следствие, возникновению регрессивных, а затем и кризисных явлений в индустриальном развитии (рис. 1).

Очевидность данного факта показана в трудах В. И. Вернадского еще в начале XX в. [1]. Прагматическое же осознание наступило только к 1950–1960-м гг., когда научно-техническая революция обнажила всю остроту проблемы и ее грандиозность. В нашей стране в эти годы экологическая проблема стала предметом научных обсуждений и формирования соответствующих концепций. Именно тогда стало ясно, что главные потенциальные потребители многотоннажных техногенных отходов – строительство и промышленность строительных материалов. Это стимулировало активное развитие научных исследований условий практического использования различных видов техногенных отходов – шламов, хвостов обогащения руд, металлургических шлаков, отходов от сжигания углей и сланцев, горелых пород и многих других. В результате научно обоснова-

Характеристики развития, усл. ед.

Рис. 1. Динамика и взаимосвязь производственно-технологического развития общества, качества жизни человека, демографического показателя, загрязнения окружающей среды и запасов природных ресурсов (по Дж. Форрестеру [6]):

—◇— — загрязнение окружающей среды; —□— — производственно-технологическое развитие; ····●··· — качество жизни; ····◇··· — демографическая динамика; —✕— — запас природных ресурсов

ны и предложены технологические решения применения отходов в строительстве, а также в промышленности строительных материалов. Таким образом, многие техногенные отходы могут заменять природное нерудное сырье.

Накоплен массив научно-прикладных разработок, однако их практическая реализация лишь в малой степени отвечает технико-экономической и экологической значимости. Поэтому сегодня необходимо перейти от локального (тактического) принципа рассмотрения вопросов утилизации отходов, когда решается задача по какому-либо отдельному их виду, к концептуальному стратегическому принципу постановки проблемы включения промышленных отходов в хозяйственный оборот [9].

В этой связи целесообразно обозначить ряд позиций и суждений.

В процессе многолетнего выполнения исследований по проблеме строительно-технологической утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов сложилась система концептуально-методологических подходов, которая определяет современное понимание проблемы и оснований ее решения. Целесообразно иметь в виду и опираться на следующие концепции и принципы [10, 11]:

- *экологического подхода* в проблеме утилизации техногенных отходов отраслей промышленности как основы защиты окружающей среды, обеспечения экологической безопасности, достижения эффектов биотехносферной совместимости;

- *регионального подхода* к учету и каталогизации техногенных отходов отраслей промышленности как потенциально ценного сырья для производства строительных материалов и изделий;

- *технико-экономической альтернативы* при сопоставительном обосновании целесообразности и возможности использования природного и техногенного сырья для получения соответствующих видов строительных материалов;

- *формирования территориально-промышленных комплексов (ТПК), региональных кластеров*, производства целевых продуктов в сочетании с производствами по утилизации, переработке техногенных отходов в строительные материалы и изделия;

- *анализа и учета генезиса* техногенных отходов, их комплексного тестирования и диагностики в предполагаемой (прогнозируемой) структурообразующей роли при формировании систем твердения и получении строительных композитов;

- *механо-физико-химической адаптации* состава, структуры, свойств, состояния техногенных отходов к процессам технологии строительных материалов, в том числе с учетом нанопарадигмы процессов их структурообразования;

- *сочетания* экспериментальных исследований на модельных (лабораторных) кислотно-щелочных системах и *реальных* (пилотных) сырьевых смесях, получаемых с применением техногенных отходов типичного вида;

- *универсальности и одновременно типизации регламента* по основным переделам технологии применения техногенных отходов различного вида в производстве строительных материалов и изделий.

Опираясь на концепцию *экологического подхода* в проблеме строительно-технологической утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов отметим, что сегодня обозначается новый этап экологических представлений и соответствующих ответов на экологические вызовы. Он может и должен опираться на фундаментальную концепцию ноосферы В. И. Вернадского [1], который пришел к выводу о том, что геохимическая роль человека приобретает такие масштабы и становится таким фактором, когда жизнь на нашей планете оказывается прямо зависимой от разумной коллективной деятельности человека. Для В. И. Вернадского очевидно, что под влиянием человеческой разумной деятельности биосфера переходит в другое новое состояние, преобразованное мыслью и трудом человека. Такое состояние В. И. Вернадский назвал ноосферой. По В. И. Вернадскому с появлением человека на Земле начинается процесс ноосферогенеза (превращения биосферы в ноосферу), происходит взаимное совместное влияние природы на человека и человека на природу, и человек несет ответственность за эволюцию жизни. Таким образом, определяющей концепцией экологии, меры экологичности биотехносферы оказывается разумная деятельность человека, относительно которой В. И. Вернадский оказался, во всяком случае по параметрам сегодняшнего состояния биотехносферы, излишне оптимистичным. Определяющие позиции в общественном сознании завоевал технократизм и техноцентризм: в техногенном обществе идея преобразования и подчинения природы человеку (вспомним распространенное выражение: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее – наша задача») преобладает и исходит из принципа удовлетворения собственных потребностей во все возрастающих объемах и пределах.

В контексте сказанного, отметим, что бурное развитие промышленности нашей страны в 1950–1980-е гг. отличалось максимальным технократизмом и минимальным экологизмом. Постановка работ ученых и специалистов отрасли строительных материалов по научно-инженерному направлению утилизации техногенных отходов проходила именно на этом фоне.

Сегодня представление о том, что говоря о собственном или корпоративном благополучии и выгодах, можно не думать о возможностях и пределах потенции природы, дискредитировало себя. Складывающаяся социальная экология как новая область знания отражает все возрастающую тенденцию к экологизации общественного сознания и мировоззрения и определяет все бóльший противовес технократизму. Таким образом, можно говорить о новой парадигме совместимости среды и человека, центральное место в которой отводится оптимизации баланса параметров и характеристик биотехносферы регионов, городов, поселений [12].

Рассмотрим концепцию *регионального подхода* и его значения в задачах строительно-технологической утилизации техногенных отходов. Результат техногенеза всегда имеет выраженный отраслевой и региональный характер. В регионах, где активно осуществляется отраслевое природопользование, накапливаются «свои виды» многотоннажных промышленных отходов. Отходы, сопровождающие процессы получения целевых продуктов, «несут» в себе затраты живого и овеществленного труда и, как

правило, содержат в составе полезные для утилизации, то есть переработки, применения и извлечения определенной выгоды, вещества. Очевидно, что утилизация техногенных отходов, являясь прямым средством экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов, одновременно может способствовать решению экологических проблем и внести вклад в создание биосферно-совместимой безопасной среды обитания человека и общества, в устойчивое развитие регионов.

Из сказанного следует ряд имеющих обобщающее значение выводов.

Первый из них относится к категориям географического ресурсоведения, опирающегося на соответствующие концепции территориальных сочетаний природных (естественных) ресурсов и природного ресурсного потенциала территории.

С учетом специфики антропогенных воздействий и последствий сегодня следует говорить о концепции природно-техногенного ресурсного потенциала территории, если иметь в виду возможности утилизации образующихся в регионе техногенных отходов. Под таким потенциалом понимается совокупность природных и техногенных ресурсов определенной территории, которые могут быть использованы в народном хозяйстве, в частности в отрасли строительной индустрии, с учетом тенденций и достижений научно-технического прогресса.

В связи с вышесказанным целесообразно обратить внимание и на концепцию ресурсных или технических циклов превращения природного сырья, включающих в себя выявление, добычу, переработку его в целевой продукт, возвращение в природу отходов этой добычи и (или) их технологической переработки в другие продукты. Последнее делает очевидным необходимость мониторинга техногенной ресурсной среды региона, генезиса, инвентаризации и классификации образующих ее техногенных отходов.

Второй вывод, который сопряжен с первым, состоит в том, что природное сырье и техногенные отходы должны рассматриваться в рамках концепции *технико-экономической альтернативы* [13]. Природное сырье, применяемое в строительстве и производстве строительных материалов и изделий, относится к категории невозобновляемых ресурсов и его добыча сопровождается нанесением природе невосполнимого ущерба. Именно это обуславливает принципиально важное и актуальное значение поиска и принятия альтернативных (замещающих) решений, связанных с возможностями использования техногенных отходов взамен природного сырья. При «жесткой» постановке вопроса о такой альтернативе требуется исходить из исключения возможности применения природного нерудного сырья и его целевой добычи; и только при условии, что номенклатура, технико-технологические характеристики техногенных отходов не отвечают регламентным требованиям использования в строительных целях, допустимо обращаться к ресурсам природного сырья.

Такая «жесткая» постановка выглядит радикальной и утопической. Время этому не пришло! Но, тем не менее, уже сегодня принцип альтернативности должен приниматься во внимание, что, собственно, и имеет место, когда ученые-материаловеды исследуют тот или иной вид промышленного отхода в качестве потенциального заменителя сырьевого продукта для строительного-технологических целей.

Третий вывод – наиболее существенный и вытекающий из принципа альтернативности, связан с основным направлением рационального природопользования в целях обеспечения биосферно-совместимой среды обитания человека и состоит в формировании ТПК и кластеров опережающего развития региона. Территориально-промышленный комплекс и (или) промышленный кластер создаются как системы малоотходных и безотходных производств, исходящих из возможностей замещения в строительстве и производстве строительных материалов природного сырья или его части техногенными продуктами, то есть отходами производства целевых промышленных продуктов. В таком подходе реализуется концепция Ю. Н. Коваленко [14] территориальной и межотраслевой системной организации комплексов безотходных и малоотходных взаимосвязанных технологий производства целевых продуктов и технологий глубокой утилизации техногенных продуктов. В рамках данной концепции анализируется сырьевой потенциал соответствующего техногенного продукта, для чего строится «дерево» материалов, которое может быть изготовлено из рассматриваемого продукта. «Дерево» формируется по принципу *генезисного преобразования* техногенного продукта в строительные материалы на соответствующих стадиях его переработки. Объединение сырьевых потенциалов каждого из техногенных продуктов позволяет предложить систему взаимосвязанных безотходных и малоотходных производств, в которую и могут «встраиваться» предприятия отрасли строительных материалов и изделий как главные «переработчики» техногенных продуктов.

Применение указанной концепции [14] проиллюстрировано на рис. 2, 3, где представлены примеры разработанных: 1) «деревьев» материалов и изделий из побочных продуктов обогащения железных руд Курской магнитной аномалии (КМА); 2) обобщающей схемы комплекса производств строительных изделий на основе техногенных продуктов железорудной промышленности КМА.

В рамках изложенных концепций решена задача разработки *методологии, принципов и методов системного тестирования и диагностики* техногенных продуктов как потенциального сырья для производства строительных материалов [10, 15]. Центральным моментом при этом принят *структурный подход и учет механизма «включения» продукта в структурообразующие процессы* на уровне механических, механо-химических и физико-химических явлений. Постановка такой задачи в строительном материаловедении назревала и стимулировалась тем, что огромный объем накопленной информации по использованию техногенного сырья нуждался в обобщении на основе фундаментальной научной концепции (рис. 4, 5).

В проведенных разработках для ЦЧР осуществлена *каталогизация техногенных отходов*. Каталог включает более 30 видов отходов и содержит необходимую информацию об источниках и объемах их образования, агрегатном состоянии, химическом, минералогическом, морфологическом составе, отражает возможную структурообразующую роль при получении строительных материалов, направления эффективного использования в соответствующих технологиях (табл. 1).

Рис. 2. Структурная схема потенциала побочных продуктов обогащения железных руд КМА в производстве строительных материалов и изделий («дерево» материалов)

Рис. 3. Обобщающая схема комплекса взаимосвязанных безотходных и малоотходных производств строительных материалов, бетонов и изделий на основе пород вскрыши, попутно добываемых пород, побочных продуктов добычи и обогащения железных руд КМА

Рис. 4. Методология тестирования и диагностики природного или техногенного сырья для технологий строительных материалов

Рис. 5. Методика тестирования и диагностики техногенных продуктов в задачах их утилизации в технологиях строительных материалов

Таблица 1

Каталог основных техногенных отходов ЦПР, технологические принципы и направления их утилизации, номенклатура получаемых материалов

Техногенный продукт	Основной тест, определяющий структурообразующую роль	Вид механизма участия в структурообразовании	Существо механической, механо- и физико-химической активности	Технология переработки	Номенклатура материалов и изделий	
Вскрышные альбесоманские пески	Основной компонент SiO_2	Физико-химический	Взаимодействие в системе $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$	ΓT , П- ΓT , П	Силикатные автоклавные материалы	
	Основные компоненты: SiO_2 , CaO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4		Взаимодействие в системах: $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Fe}_n\text{O}_m-\text{H}_2\text{O}$		ΓT , П- ΓT	Силикатные бетоны автоклавного твердения, силикатный кирпич
Основные компоненты: SiO_2 , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3			$\text{CaO}_{(\text{т})} + \text{SiO}_{2(\text{т})} + \text{aq} \rightarrow \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{H}_4\text{SiO}_4(\text{aq}) \rightarrow \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}_{(\text{т})} + \text{aq}$	Γ	Ячеистые бетоны безавтоклавного твердения	
			Дисперсность 400...500 м ² /кг	Взаимодействие в системах: $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$;	ΓT , П- ΓT	Силикатные бетоны автоклавного твердения
				$\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$		Глина (алюмосиликатные материалы)
Золошлаковые смеси ТЭЦ	Дисперсность 170...190 м ² /кг		Заполнитель, наполнитель	$\text{CaO} + \text{SiO}_{2(\text{т})} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_{2(\text{т})}$	П- ΓT , П, П- Γ	Вязущее
	Механический	Г, ΓT , П- ΓT	Цементные бетоны, керамзитобетоны. Безобжиговый гравий			

Стеклоотходы минераловатного производства	Основные компоненты: SiO_2 , CaO , Al_2O_3	Физико-химический	Взаимодействие в системах $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$	Г, ГТ, П-ГТ	Добавка в силикатные бетоны автоклавного твердения
Бой силикатного кирпича	Основные компоненты: SiO_2 , гидросиликаты кальция CSH(I)		$\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$	П-ГТ, П, П-Г	Глина
Пиритные огарки	Основные компоненты: Fe_2O_3 , SiO_2		Взаимодействие в системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$	ГТ, П-ГТ	Добавка в сырьевую массу при производстве силикатного кирпича
Стеклобой (кинескопное, оконное, тарное стекло)	Основные компоненты: SiO_2 , Al_2O_3 , PbO , Na_2O Дисперсность 500 м ² /кг		Взаимодействие в системах: $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO} - \text{SiO}_2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$		Добавка в силикатные автоклавные материалы
Техногенный карбонат кальция	Основной компонент CaCO_3 Дисперсность 0,7...0,8 м ² /кг	Механо-химический	$[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2]_{(\Gamma)} \rightarrow \rightarrow [\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2]_{(\text{Ж})}$; $[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2]_{(\text{Ж})} \rightarrow \rightarrow [\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2]_{(\Gamma)}$ $\text{CaCO}_{3(\Gamma)} \rightarrow \text{CaO}_{(\Gamma)} + \text{CO}_{2(\Gamma)}$	Т	Нефритованные глазури
Карбонатные отсевки	Размер частиц 0...5 · 10 ⁻³ м	Механический	Заполнитель	Г, ГТ, П-ГТ	Мелкозернистые бетоны
Гравийные отсевки от дробления песчаников	Основные компоненты Al_2O_3 , NaCl	Физико-химический	Газообразователь Пластификатор, ускоритель	Г	Ячеистые бетоны, Строительные растворы

П р и м е ч а н и е. Принципы формирования систем твердения, обеспечивающие экономически эффективное получение указанной широкой номенклатуры строительных материалов и изделий: П – пневматолитовый; Т – термический; П-Т – пневматолито-термический; Г – гидратационный; ГТ – гидротермальный; П-ГТ – пневматолито-гидротермальный.

Тенденции, перспективы и прогнозы развития научных основ и прикладных решений в задачах строительно-технологической утилизации техногенных отходов. Контекст проблемы строительно-технологической утилизации, то есть *управления утилизацией техногенных отходов* соотносится с выдвигаемым академией национальным приоритетом «среда жизнедеятельности», парадигмой биосферной совместимости и соответственно задачами формировании территориально-промышленных кластеров на принципах биотехносферной совместимости технологий природопользования, ресурсо- и энергосбережения, технико-технологической и экономической эффективности, экологии и защиты окружающей среды. Все это еще раз подчеркивает значимость и важность программирования (табл. 2) исследований и разработок по проблемам управления строительно-технологической утилизацией техногенных отходов [9].

Таблица 2

**Программирование исследований и разработок проблем
строительно-технологической утилизации техногенных отходов
с учетом тенденций и горизонта прогноза**

Горизонт программирования и прогнозирования	Программирование (содержание работ)	Прогнозирование и достигаемые цели
1	2	3
Ближнесрочный (3 – 5 лет)	Разработка теоретических основ градозэкологической безопасности и устойчивого развития территорий и поселений	Реализация разработок научных основ при подготовке законодательных документов, обеспечивающих реализацию принципов устойчивого и безопасного развития городов и сельских поселений, их биосферной совместимости, способствующей развитию человека и созданию здоровых и благоприятных условий для труда, быта и отдыха населения
	Экологический аудит, мониторинг предприятий основных отраслей промышленности, выявление и общий анализ неорганических техногенных отходов предприятий	Методология и методика комплексного обследования состояния производственных объектов
		Каталог неорганических техногенных отходов основных отраслей промышленности

Продолжение табл. 2

1	2	3
	Выполнение комплекса исследований по проблеме переработки техногенных минеральных отходов промышленных производств	Номенклатура строительных материалов и изделий, получаемых при утилизации неорганических техногенных отходов основных отраслей промышленности
Среднесрочный (7 – 10 лет)	Исследование вопросов теории структурообразования, материаловедения и технологии получения новых экологически чистых материалов на основе техногенного сырья с использованием высоких технологий и нанотехнологий	Теоретические основы структурообразования систем твердения и композитов в результате строительно-технологической утилизации техногенных отходов
		Материаловедение основной номенклатуры получаемой продукции
	Разработка инженерных решений и методов утилизации и захоронения техногенных отходов	Технологические регламенты
		Внедрение инженерных решений и методов утилизации и захоронения техногенных отходов
Дальнесрочный (15 – 20 лет)	Создание теории структурообразования, материаловедения и технологии новых экологически чистых материалов на основе техногенного сырья с использованием высоких технологий и нанотехнологий	Обобщение теоретических основ структурообразования систем твердения и композитов как результата строительно-технологической утилизации техногенных отходов на принципах высоких технологий, нанотехнологий
	Решение вопросов оптимизации сырьевой базы промышленности строительных материалов с учетом ресурсов природного и техногенного происхождения и их технико-экономической альтернативности	Формирование территориальных комплексов (кластеров) взаимосвязанных производств целевых продуктов промышленности и производств строительных материалов с использованием неорганических техногенных отходов (техногенного сырья)
	Законодательное сопровождение при решении проблем строительно-технологической утилизации техногенных отходов	Обеспечение условий возобновления полноценной среды жизнедеятельности в экологически неблагоприятных поселениях

Приоритеты программирования и горизонты прогнозирования могут и должны быть приняты в качестве научно-программных ориентиров в организации исследований и разработок, связанных с функционированием и развитием промышленности строительных материалов.

Творческий коллектив академического центра «Архстройнаука» Воронежского ГАСУ, координирующий свою деятельность с академическими советниками вузов ЦЧР, включая Тамбовский ГТУ, непосредственно причастен к обоснованию и реализации программ развития регионов по жилищному строительству, формированию базы строительной индустрии и промышленности строительных материалов, изделий и конструкций. В их составе важное место занимает проблема утилизации образуемых предприятиями регионов техногенных отходов в производстве строительных материалов (табл. 3). Разрешение данной проблемы исходит из принципов «сочленения» предприятий-«производителей» и предприятий-«потребителей» отходов (табл. 4) с учетом схем территориального планирования региона, зон опережающего развития, управляемого формирования территориально-промышленных кластеров [16]. Таким образом, в проблеме управления строительно-технологической утилизацией сегодня усиливается и экономико-географическое, и технико-экономическое содержание. При этом очевидно, что в качестве «начального условия» разрешения проблемы выступает степень готовности материаловедов (технологов) предложить администрации (власти), инвесторам (бизнесу) научно-обоснованные данные по инвентаризации и каталогизации отходов, инженерные решения по оптимальным принципам их переработки, технологиче-

Таблица 3

Отрасли-«производители» техногенных отходов как потенциального сырья для производства строительных материалов
(на примере ЦЧР – Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской, Тамбовской областей)

Отрасль-«производитель»	Техногенный продукт
Горнорудная	Вскрышные, попутно-добываемые, побочные продукты, хвосты обогащения
Топливо-энергетическая	Золошлаковые смеси, отходы химводоочистки
Металлургическая	Шлаки, микрокремнеземы, шламы
Химическая	Пиритные огарки, карбонаткальциевые отходы производства минеральные удобрений, кубовые остатки ректификации стирола, отходы производства дивинилстирольного термоэластопласта
Машиностроительная	Горелые земли
Радиоэлектронная	Отходы конденсаторного производства, стеклобой
Сельскохозяйственная и пищевая	Дефекат сахарного производства, скорлупа крупяного производства и обработки семян подсолнечника и др.
Строительная	Бой кирпича и керамики, отходы минераловатного производства, пыль уноса цементного производства, отсевики камнедробления

Таблица 4

**Характерные техногенные отходы и направления их использования
в производстве строительных материалов
(применительно к Воронежской области)**

Наименование отхода	Направление использования
Золошлаковые отходы ТЭЦ г. Воронежа и малых городов области	Производство ячеистых газозолобетонов автоклавного и неавтоклавного твердения; аглопоритового зольного гравия; безобжигового зольного гравия; известково-зольных вяжущих веществ, применяемых в кладочных и штукатурных растворах; в качестве мелкого заполнителя в бетонах
Карбонаткальциевые отходы производства минеральных удобрений (г. Россошь)	Производство извести, плотного заполнителя для автодорог сельского значения, в качестве минерального порошка для производства асфальтобетона, прессованного безобжигового кирпича и плитки портландито-карбонатного состава
Отходы производства гранитного щебня (Павловский ГОК)	В качестве мелкого заполнителя на железобетонных заводах, заводах по производству мелкозернистого бетона, наполнителя в асфальтобетоне, в качестве комплексной добавки (отошитель + плавень) в керамической промышленности
Горелые земли (машиностроительные предприятия области)	Применение регенерированного песка в качестве заполнителей при производстве бетонных изделий
Пыль уноса цементного производства (Подгорное)	Производство наполненных цементов, прессованного безобжигового кирпича и плитки портландито-карбонатного состава
Отходы производства сахароварения – дефека́т (12 сахарных заводов области)	Производство наполненных цементов в качестве минерального порошка в асфальтобетоне

ские регламенты производства из них материалов, данные по номенклатуре возможной продукции, рациональному размещению производств как на действующих предприятиях промышленности строительных материалов, так и на вновь создаваемых в регионе.

Заключение

Задача утилизации техногенных отходов относится к категории глобальных системных проблем современной науки, технологии и техники. Практический аспект эффективного решения данной проблемы соотносится с формированием комплексов взаимосвязанных малоотходных или безотходных производств в составе региональных индустриальных кластеров или так называемых территориально-производственных комплексов.

Реализация данной концепции в определяющей мере зависит от степени изученности техногенных отходов как потенциальных сырьевых компонентов для конструирования и синтеза соответствующих структур строительных композитов, то есть речь идет о создании научно-обоснованных принципов и технологий структурообразования систем твердения и получения искусственного камня, который должен пройти тестирование, идентификацию и диагностику с точки зрения его функциональных возможностей в строительных материалах и изделиях.

Реальная перспектива преобразования техногенных отходов в ценный сырьевой продукт и материал требует не только лабораторных исследований, но и прямых заводских испытаний. Данным концептуально-методологическим положениям и условиям необходимо следовать в разработке проблем строительно-технологической утилизации техногенных отходов.

Список источников

1. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М. : Айрис-пресс, 2004. – 576 с.
2. Чернышов, Е. М. Проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов в контексте условий формирования биосферно-совместимой среды жизнедеятельности человека и общества / Е. М. Чернышов // Фундаментальные и приоритетные прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2007 году : сб. науч. тр. РААСН : в 2 т. / Рос. акад. архитектуры и строительства. – Белгород, 2008. – Т. 2. – С. 154 – 179.
3. Максаковский, В. П. Географическая картина мира. В 2 кн. Кн. I. Общая характеристика мира / В. П. Максаковский. – М. : Дрофа, 2006. – 495 с.
4. Максаковский, В. П. Географическая картина мира. В 2 кн. Кн. II. Региональная характеристика мира / В. П. Максаковский. – М. : Дрофа, 2007. – 480 с.
5. Чернышов, Е. М. Проблемы биотехногенной совместимости и экологические концепции в технологии и организации промышленности строительных материалов / Е. М. Чернышов // Строительство и реконструкция. – 2009. – № 5/25 (573). – С. 80 – 86.
6. Форрестер, Д. Мировая динамика : пер. с англ. / Д. Форрестер. – М. : Наука, 1978. – 167 с.
7. Моисеев, Н. Н. Современный рационализм / Н. Н. Моисеев ; Рос. науч. гуманитар. фонд, Междунар. независимый экол.-политол. ун-т. – М. : МГВП КОКС, 1995. – 376 р.
8. Капица, С. П. Синергетика и прогнозы будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 288 с.
9. Чернышов, Е. М. Проблемы развития научных основ и прикладных решений в задачах строительно-технологической утилизации техногенных отходов / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамошнев // Строит. материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 6. – С. 21 – 26.
10. Концепция, методология и инженерные решения комплексной и глубокой переработки техногенных продуктов в строительные материалы / Е. М. Чернышов [и др.] // Высокие технологии в экологии : тр. 2-й Междунар. науч.-техн. конф., г. Воронеж, 19 – 21 мая 1999 г. / Воронеж. гос. архитектур.-строит. университет. – Воронеж, 1999. – С. 352 – 359.

11. Чернышов, Е. М. Развитие методологии, теории и научно-прикладных основ строительного-технологического утилизации неорганических техногенных отходов / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамоснева // Вестн. Центр. регион. отд. Рос. акад. архитектуры и строит. наук. – 2016. – Вып. 15. – С. 125 – 149.
12. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции концепции биосферной совместимости / В. А. Ильичев [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – № 1. – С. 74 – 80.
13. Чернышов, Е. М. Природное и техногенное сырье промышленности строительных материалов как технико-экономическая и экологическая альтернатива / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамоснева, И. И. Акулова // Изв. Орл. гос. техн. университета. Сер. Строительство. Транспорт. – 2007. – № 4-16. – С. 213 – 214.
14. Коваленко, Ю. Н. Научные основы территориальной организации промышленных комплексов / Ю. Н. Коваленко. – Киев : Будивельник, 1977. – 175 с.
15. Системная диагностика неорганических техногенных продуктов ЦЧР и направления их утилизации в технологиях строительных материалов / Е. М. Чернышов [и др.] // Высокие технологии в экологии : тр. 3-й Междунар. науч.-техн. конф., г. Воронеж, 24 – 26 мая 2000 г. / Рос. экол. акад. (Воронеж. отд.) [и др.]. – Воронеж, 2000. – С. 316 – 323.
16. Акулова, И. И. Прогнозирование динамики и структуры жилищного строительства в регионе : монография / И. И. Акулова. – Воронеж : [б. и.], 2007. – 132 с.

References

1. Vernadsky V.I. *Biosfera i noosfera* [Biosphere and noosphere], Moscow: Aiyris-press, 2004, 576 p. (In Russ.)
2. Chornyshov E.M. [Problems of building-technological utilization of technogenic wastes in the context of terms of forming of biosphere-compatible environment of vital functions of man and society], *Fundamental'nye i prioritnye prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noi otrasli Rossiiskoi Federatsii v 2007 godu* [Fundamental and priority applied researches of RAABS on the scientific providing of development of architecture, town-planning and building industry of Russian Federation in 2007], Belgorod, 2008, vol. 2 of 2, pp. 154 – 179. (In Russ.)
3. Maksakovsky V.P. *Geograficheskaya kartina mira. V 2 kn. Kn. I. Obshchaya kharakteristika mira* [Geography picture of world. Vol. 1 of 2. General description of world], Moscow: Drofa, 2006, 495 p. (In Russ.)
4. Maksakovsky V.P. *Geograficheskaya kartina mira. V 2 kn. Kn. II. Regional'naya kharakteristika mira* [Geography picture of world. Vol. 2 of 2. Regional description of world], Moscow: Drofa, 2006, 480 p. (In Russ.)
5. Chernyshov E.M. [Problems of bio-man-caused compatibility and ecological concepts in technology and organization of building material production], *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and reconstruction], no. 5/25 (573), 2009, pp. 80-86. (In Russ.)
6. Forrester J. W. *World Dynamics*, Cambridge, MA: Wright-AllenPress, 1971.
7. Moiseev N.N. *Sovremenniy ratsionalizm* [Modern rationalism], Moscow: MGVP KOKS, 1995, 376 p. (In Russ.)
8. Kapitza S.P., Kurdumov S.P., Malinetskiy G.G. *Sinergetika i prognozy budushchego* [Synergetics and prognoses of future], Moscow, 2003, 288 p. (In Russ.)
9. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D. [Issues of scientific bases and application solutions in solving the problem of construction-technological industrial wastes recycling], *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Construction materials, the equipment, technologies of XXI century], 2014, no. 6, pp. 21-26. (In Russ.)

10. Chernyshov E.M., Sergutkina O.R., Potamoshneva N.D., Anokhina I.V., Vlasov V.V. [Conception, methodology and engineering decisions of the complex and deep processing of technogenic products in building materials], *Vysokie tekhnologii v ekologii* [High-tech in ecology], Proceedings of the 2nd International Scientific and Technical Conference, Voronezh, 19-21 May 1999, pp. 352-359. (In Russ.)
11. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D. [Development of methodology, theory and scientifically-applied bases of building-technological utilization of inorganic technogenic wastes], *Vestnik Tsentral'nogo regional'nogo otdeleniya Rossiiskoi akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the Central regional branch of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences], 2016, issue 15, pp. 125-149. (In Russ.)
12. Ilchev V.A., Kolchunov V.I., Bersenev A.V., Pozdnyakov A.L. [Some Points of Designing of Settlements from the Point of Biospheric Compatibility Concept], *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2009, no. 1, pp. 74-807. (In Russ.)
13. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D., Akulova I.I. [Natural and technogenic raw material of industry of building materials as a technique-economic and ecological alternative], *Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo. Transport* [Izvestia Orel State Technical University. Series: Building. Transport], 2007, no. 4-16, 2007, pp. 213-214. (In Russ.)
14. Kovalenko U.N. *Nauchnye osnovy territorial'noj organizatsii promyshlennykh kompleksov* [Scientific bases of territorial organization of industrial complexes], Kiev: Budivelnik, 1977, 175 p. (In Russ.)
15. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D., Grekova I.I., Kukina O.B. [System diagnostics of inorganic technogenic products of CCHR and directions of their utilization in technologies of building materials], *Vysokie tekhnologii v ekologii* [High-tech in ecology], Proceedings of the 3rd International Scientific and Technical Conference, Voronezh, 24-26 May 2000, pp. 316-323. (In Russ.)
16. Akulova I.I. *Prognostirovanie dinamiki i struktury zhilishhnogo stroitel'stva v regione* [Prognostication of dynamics and housing structure in a region], Voronezh, 2007, 132 p. (In Russ.)

Industrial Waste Recycling for Construction Purposes as a Complex Systemic Problem

**E. M. Chernyshov, N. D. Potamoshneva,
P. V. Monastyr'ev, V. P. Yartsev**

*Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering, Voronezh, Russia;
Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

Keywords: inorganic waste; construction; recycling; conceptions;
scientific grounds; technological solutions.

Abstract: The problem of recycling of inorganic industrial waste for
construction purposes is examined. Methodological, ecological, technical,
innovative issues are discussed.

© Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева,
П. В. Монастырев, В. П. Ярцев, 2016