



Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО "Уральский государственный
горный университет"

ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный
университет"

Сетевое издание "Управление техносферой

Министерство энергетики и ЖКХ Свердловской области

XXIII УРАЛЬСКАЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ДЕКАДА

МАТЕРИАЛЫ

**6-й Международной научно-практической
конференции**

**«Перспективы экологического развития
России и стран СНГ»
03-04 апреля 2025 г.**

Екатеринбург – 2025

УДК

ББК

Н

Н

Перспективы экологического развития России и стран СНГ: материалы 6-й Международной научно-практической конференции, 03-04 апреля 2025 г., проводимой в рамках XXIII Уральской горно-промышленной декады 01-10 апреля 2025 г., Екатеринбург: Издательство - УГГУ, 2025. 259 - с. - ISBN

В сборнике материалов конференции рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с перспективами экологического развития России и стран СНГ, в том числе в нем освещены вопросы: реализации принципов экономики замкнутого цикла, экологизации техносферы, как перспективного национального проекта России, природоподобных технологий в освоении минерального вещества, утилизации отходов минерально-сырьевого комплекса, проблем и барьеров при создании горно-промышленных комплексов, повышения экологического благополучия РФ в рамках соответствующего национального проекта, формирования в обществе "экологического сознания", совершенствования экологического образования, просвещения и воспитания.

Материалы могут представлять интерес для специалистов, занимающихся вопросами управления техносферой, техносферой безопасности, обращения с отходами, производства и потребления, инженерно-технических работников предприятий горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, а также быть полезными для преподавателей, аспирантов и студентов.

ISBN

ПРЕДИСЛОВИЕ

Конференция проходила на 2-х площадках (Уральского государственного горного университета (УГГУ) и Удмуртского государственного университета (УдГУ)).

В конференции приняли участие более 160 человек, представлявшие 27 вузов Российской Федерации от Санкт-Петербурга до Владивостока, 11 Институтов РАН и НИИ, другие организации Федерального уровня, а также 7 докладчиков из стран СНГ (Азербайджан, Белоруссия, Таджикистан, Узбекистан).

В результате обсуждения были выявлены крупные научные и практически значимые проблемы экологического развития стран СНГ, в том числе:

а) Необходимости создания новой стратегии и парадигмы развития страны и мира на фоне нарастающего глобального экологического кризиса и хаоса с негативными воздействиями на общество и окружающую среду. Это, в свою очередь, позволит дать новые возможности для управления процессами экспансии человека и эволюции социобиотехносферы на путях построения ноосферы по В.И.Вернадскому (С.В.Кричевский, 2025).

б) Подготовки нового национального проекта РФ по экологизации техносферы, представляющего процесс неуклонного и последовательного внедрения технических, технологических и управленческих решений, направленных на обеспечение комфортной среды обитания человека в условиях сохранения качества природной среды. Для реализации этого проекта следует применять комплексные подходы, сочетающие научно-исследовательские, организационно-правовые, экономические, экономико-социальные и др. методы. В качестве первого шага здесь можно рассматривать создание в системе РАН «Научного центра по экологизации техносферы», организацию системы правовых норм и механизмов, а также экономического стимулирования в области охраны окружающей среды, уменьшения количества отходов производства и восстановления нарушенных экосистем. Последнюю задачу можно решить формированием специального федерального «Департамента по экологизации техносферы» (А.А.Липаев, 2025).

в) Обеспечения устойчивого развития депрессивных регионов, путем создания природно-промышленных комплексов, формирующихся вокруг собственных энергетических и биологических ресурсов и предполагающих организацию новых локальных структур электроснабжения и теплоснабжения на территориях опережающего развития для инновационных предприятий индустриального парка. Также комплексы, объединяя природные ресурсы, промышленные предприятия и возобновляемые источники энергии, обеспечат эффективное производство при минимальном воздействии на окружающую среду (С.Н.Гамаюнов, А.И.Жигульская, Б.Ф.Зюзин, Л.В.Копенкина, 2025).

г) Разработки проектов по переработке крупнотоннажных отходов (в частности автопокрышек) на примере Удмуртской Республики (О.П.Дружакина, Д.Д.Дзюина, С.И.Телицина, 2025).

д) Особое внимание на конференции было уделено совершенствованию

экологического воспитания населения, начиная от формирования экологической культуры у молодежи и заканчивая практическими подходами к экологическому просвещению, формированию навыков экологического мышления через проблемно-ориентированное обучение и проработку этических принципов природопользования (И.Л.Бухарина, О.П.Дружакина и др., 2025).

Одним из ключевых моментов стало обсуждение роли образования в экологическом просвещении учащихся и молодежи. Рассматривались также жизненно важные аспекты, такие как необходимость внедрения экологии в учебные программы на всех уровнях образования – от детских садов до вузов. Участники выразили уверенность в том, что именно через образование можно сформировать новое поколение, способное рационально использовать природные ресурсы и бережно относиться к окружающей среде.

Отмечалось использование цифровых технологий в экопросвещении. В условиях быстрого развития технологий, таких как виртуальная реальность и интерактивные платформы, участники видят огромный потенциал в их применении для стимулирования интереса молодежи к экологии. В частности широкий отклик встретили разговоры о создании образовательных приложений и онлайн-курсов, направленных на изучение экологии и устойчивого развития.

Не менее важной темой стали кросс-дисциплинарные подходы в изучении экологии, позволяющие соединять знания из разных областей, таких как экономика, социология и экология, для формирования более целостного понимания проблем устойчивого развития. Эта идея прошла красной нитью через ряд докладов, подчеркивая необходимость взаимодействия различных дисциплин для более эффективного решения экологических вопросов.

Также особое внимание участники уделили экотуризму как стратегии содействия экологии и устойчивому развитию локальных сообществ, развитию волонтерства и добровольчества.

Подводя итоги, можно отметить, что конференция не только углубила понимание молодежной экологической культуры и подходов к экопросвещению, но и создала базу для последующих совместных инициатив, направленных на защиту окружающей среды и помощь в формировании устойчивого будущего.

Таким образом, данная конференция стала важным шагом к более глубокому пониманию и решению актуальных экологических проблем России и стран СНГ, и ее участники надеются на дальнейшие совместные исследования и проекты в этой области.

Материалы конференции частично опубликованы в сетевом издании «Управление техносферой» (названия этих статей приведены в приложении 1).

Сопредседатель конференции, д.т.н., профессор
«УГГУ» и «УдГУ», академик РАЕН, главный редактор
сетевого издания «Управление техносферой»

А.А.Липаев

Раздел 1

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОСВОЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА КАК ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗВИТИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Калабин Г. В.

ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова РАН», Москва, Россия

Общие положения

Существование современной технократической цивилизации характеризуется стремительным ростом производства и потребления в условиях абсолютного приоритета требований экономического императива. Впечатляющие достижения в количественном и качественном развитии Техносферы сопровождаются не менее масштабными и практически неуправляемыми экологическими издержками, в виде быстрого истощения доступных природных ресурсов, спонтанного накопления углекислого газа в атмосфере и невероятного количества самых разнообразных твердых отходов, поступающих в геонимическую среду. В сочетании с постоянным ростом размеров сельскохозяйственным и урбанизированных территорий это выглядит как быстрое и необратимое поглощение Антропосферой всех естественных Геосфер нашей планеты [1-3]. Скорость этого процесса уже значительно превышает возможности естественного восстановления устойчивой биотической и абиотической среды природных экосистем. Действующая технологическая парадигма развития минерально-сырьевого комплекса, как сложная функциональная система, содержит в себе неразрешимое внутреннее противоречие между динамической необходимостью трансформации минерально-сырьевого комплекса, в условиях быстрого изменения горно-геологических условий разработки полезных ископаемых и возможностью преодоления возникающих при этом разнообразных и масштабных экологических последствий. Именно поэтому, привлечение по остаточному принципу огромных материальных и финансовых средств для борьбы с этими последствиями практически никак не сказывается на результатах этой борьбы [4].

Бурное развитие глобального экологического кризиса требуют незамедлительного создания и внедрения экологичных технологических систем во всех сферах хозяйственной деятельности. В сфере недропользования эти проблемы могут найти свое решение за счет развития нового научного направления по обоснованию и созданию природоподобных горных технологий, предложенного и развитого в Институте проблем комплексного освоения недр РАН.

Экологизация на этой научной основе технологической парадигмы минерально-сырьевого комплекса, как материального и технического базиса современной технократической цивилизации, позволит разрешить обозначенное противоречие путем организации взаимодействия Природы и Техносферы, на,

разработанных в экологической философии акад. Н.Н Моисеева, принципах коэволюции антагонистов [5].

Методические подходы

В современном мире возможности успешного преодоления всего комплекса экологических проблем и противоречий связываются с концепцией устойчивого развития (sustainable development), которая объединяет в себе фундаментальные принципы физики, биологии и морали в области регламентации взаимодействия Человека и Природы. При этом, первостепенное значение приобретает создание дифференцированных методологических подходов и методов решения экологических задач на основе создания технологий, обеспечивающих получение всех необходимых человеку видов продукции в системе ограничений, определяемых условиями сохранения естественной биоты Земли.

Происходящие в последние годы изменения в общественном сознании неизбежно приводят к «экологизации» мышления во всех сферах человеческой деятельности. Наиболее наглядным отражением этого является постоянно нарастающий интерес к «природоподобным» технологиям, с которыми связывают основные надежды и перспективные пути преодоления глобального экологического кризиса [6].

В самом общем виде, *природоподобными следует считать технологии, развитие которых происходит на основе знаний о живой природе*. В такой постановке легко обозначить основные типы и виды природоподобных технологий (рис. 1):



Рисунок 1 – Систематизация содержания понятия природоподобной технологии

Из рисунка следует, что в зависимости от степени совпадения целевой функции развития технологий и биологических систем, методология поиска природоподобного решения сводится либо к эффективному дублированию в техносфере тех или иных процессов, протекающих в объектах биосферы (например, развитие такой прикладной науки как Бионика [7]), либо к созданию технических систем, в которых технологические процессы взаимодействуют в биоподобной функциональной структуре (*конвергентные технологии*), либо к встраиванию в антропогенную функциональную структуру технологии

замкнутой биологической системы, выполняющей недоступные на современном уровне знания действия и процессы, свойственные только биологическим системам (*гибридные технологии*).

Основополагающая концепция создания природоподобных горнотехнических систем с новыми экологическими качествами формируется за счет сближения (конвергенции) функциональной структуры этих систем с функциональной структурой систем биологических, которые уже обладают необходимыми нам качествами. Интеллектуальной базой развития этого типа технологий являются знания о законах и принципах формирования, изменения и функционирования естественных биологических систем, а методической основой – элементарная теория устойчивости и бифуркаций [8-9] в сочетании с положениями гомеостатики [10].

Результаты исследований

Принимая во внимание, доказанную в работах [1, 11] высокую степень структурного соответствия схем движения биологического вещества в природных системах и добытого литосферного вещества в системах горнотехнических, при создании конвергентных технологий можно использовать биологические показатели с заменой их содержательных элементов на соответствующие по смыслу целевые технологические аналоги (табл.1).

Таблица 1 Содержание смысловой трансформации типов вещества

	В биосистемах	В техносистемах
1.	Валовая биомасса продуцентов	Ресурсные запасы категории Р ₃
2.	Чистая биомасса продуцентов	Ресурсные запасы категории Р ₁
3.	Валовая биомасса консументов	Запасы балансовые и забалансовые
4.	Чистая биомасса консументов	Балансовые запасы всех категорий
5.	Первичная биомасса редуцентов	Добытая горная масса
6.	Чистая биомасса редуцентов	Рудная масса
7.	Валовая биомасса детритофагов	Конечная продукция и отходы первичной переработки
8.	Чистая биомасса детритофагов	Конечная продукция первичной переработки

Такая форма конвергенции биологических и технических знаний в технологической системе реализуется на основе теоретических положений гомеостатики о способах поддержания жизненно важных параметров взаимодействующих систем путем управления противоречиями при сохранении постоянства (саморегуляции) внутреннего состояния системы (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема обращения биомассы и вещества литосферы в природных и технических системах

На современном уровне знаний считается установленным, что устойчивость биологических систем, даже в тех случаях, когда отдельные их компоненты не устойчивы, обеспечивается одновременным пополнением следующих основополагающих принципов:

- Принцип необратимости однонаправленности характера биологической эволюции (Закон Л. Долло).
- Принцип замкнутого кругооборота вещества и энергии (Закон В.И. Вернадского – Э.С. Бауэра).
- Принцип пропорциональности биомассы длине пищевых цепей (Закон Р. Линденмана).
- Принцип ценотической иерархии видов фитоценоза при сохранении устойчивости биоты (Закон В.Н. Сукачёва).
- Принцип соответствия биопродуктивности и плотности потока Энергии Солнца (Закон Э. Рюбеля).

Гомеостатическая трансформация этих принципов в функциональную структуру природно-технических систем освоения недр показана в табл. 2.

Таблица 2 – Методика смысловой трансформации принципов функционирования

	В биосистемах	В техносистемах
1.	Однонаправленность эволюции	Превентивность в принятии решений
2.	Замкнутый оборот биологического вещества	Замкнутый цикл обращения вещества литосферы
3.	Пропорциональность продуцированной биомассы длине пищевых цепей	Избирательная выемка полезного ископаемого

4.	Ценотическая иерархия видов	Биологическая толерантность горных технологий к видам – эдификаторам фитоценозов
5.	Соответствие биопродуктивности и плотности потока энергии Солнца	Энергоснабжение горнотехнических систем за счет энергии возобновляемых источников

На этой научной базе, впервые сформулированы биотехнологические принципы построения горнотехнических систем, соответствующих по своей функциональной структуре экологически нейтральным биологическим системам.

Принцип превентивности – устранение или минимизация негативного влияния наиболее значимых техногенных факторов до начала массового извлечения вещества литосферы, на основе целенаправленного структурирования во времени и пространстве применяемой горной технологии.

Согласно современным представлениям о литосфере, как сплошной среде с разномасштабными неоднородностями, избыточные напряжения (или их эквивалент – неупругие напряжения) на этих неоднородностях возникают лишь при конечной скорости деформирования во внешнем контуре неоднородности тела и, со временем, самопроизвольно релаксируют [12].

Поэтому опережающее формирование этого контура открывает реальную возможность преодоления обозначенного выше локального противоречия за счёт того, что при формировании и развитии зоны техногенного разрушения процессы добычи полезного ископаемого и защиты от последствий геомеханических возмущений литосферы разделяются во времени. При этом, форма устранения влияния геомеханических факторов реализуется за счет опережающего создания в процессе добычных работ устойчивых объемных несущих конструкций каркаса. Разделение отрабатываемого участка на выемочные единицы, положение которых в пространстве, а также размеры и форма фиксированы при создании каркасной системы искусственных массивов различного назначения, позволяет реализовать обозначенные выше принципы построения природоподобных горных технологий отработки для каждой выемочной единицы в строгом соответствии с локальными особенностями её геологического строения (рис 3).

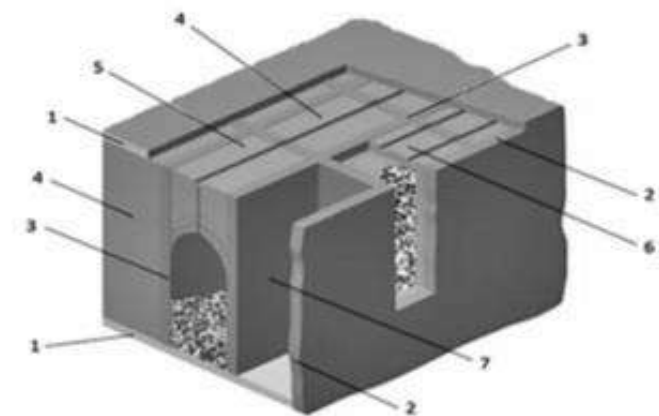


Рисунок 3 – Принципиальная схема построения и применения «каркасной» горной технологии (по[1])

Искусственные массивы: 1 – ограждающие горизонтальные и 2 – вертикальные; 3 – разделительные; очистные блоки: 4 – подготовленные, 5 – отрабатываемые взрывом гравитационной и 6 – взрыв м механической геотехнологиями; 7 – отработанные

В случае разработки жильных месторождений, Концепция этого биогенного принципа реализуется путем совмещения во времени выполнения основных процессов в очистном забое при их разделении в пространстве. Фундаментальное значение при этом размещении имела выдвинутая идея поворота направления движения фронта работ на 90^0 , реализуемая в виде перехода от восходящей выемки руды по падению крутопадающих жил к выемке по их простиранию (рис. 4). Такая функциональная структура геотехнологии разработки маломощных рудных тел позволяет, практически полностью, устранить необходимость выполнения целого комплекса непроизводительных операций, при сохранении главного преимущества восходящей выемки – гравитационной доставки руды в блоке.

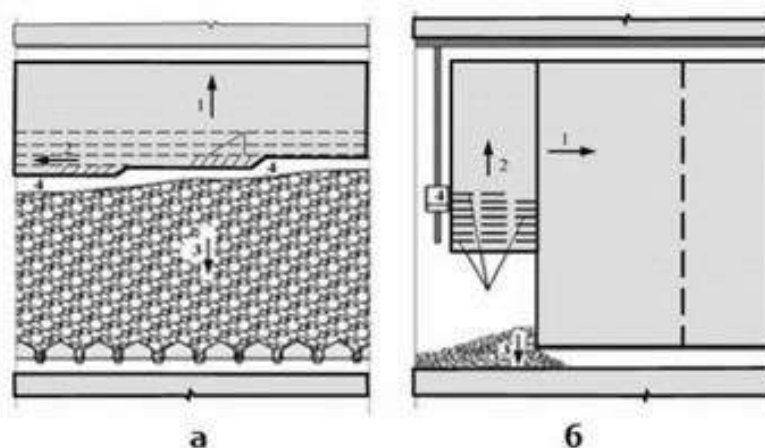


Рисунок 4 – Схема применения принципа превентивности при разработке жил с переходом от восходящей выемки по падению (а) к выемке по простиранию (б):

1 – направление очистной выемки; 2 – направление отбойки руды; 3 – доставка отбитой рудной массы; 4 – рабочие площадки; 5 – отбойные шпур (скважины) (по [1])

Принцип замкнутого цикла обращения вещества литосферы, в процессе освоения недр, отражает безотходность функционирования всех природных систем. Возможности его реализации этого принципа при подземной разработке рудных месторождений определяются характером использования вещества и структуры принятой горной технологии. В самом общем виде принято выделять две основные ступени замкнутого пространства цикла обращения твёрдого вещества:

- непосредственный замкнутый цикл в пределах того же самого производственного процесса;
- опосредованный замкнутый цикл при временном или пространственном переносе.

Для горно-обогательного производства, когда образование отходов и их утилизация в подземном пространстве всегда разделены во времени и в пространстве, наилучшим образом подходит технологическая схема второй ступени замкнутого цикла. Для осуществления замкнутого цикла обращения необходимо, в первую очередь, наличие в техногенно-измененных недрах необходимого, ничем не заполненного пространства, для размещения отходов. Было доказано, что при подаче пульпы (мелкодисперсные отходы обогащения) в

отработанные камеры и наличии специально созданной дренажной системы, размещаемая в объеме камеры пульпа отдает воду с необходимой для эффективной работы предприятия интенсивностью без дополнительных воздействий или активирующих этот процесс добавок. При этом, формируемый закладочный массив проходит три ступени изменения агрегатного состояния и трансформируется сначала в жидкопластическую среду, а затем – в вязкую – и хрупковязкую. В результате материал закладки полностью теряет подвижность. Принципиальная схема реализации такой технологии представлена на рис. 5.



Рисунок 5 – Принципиальная схема технологии с замкнутым циклом обращения вещества рудной массы

Многие, из перечисленных выше трудоемких операций по формированию закладочного массива, можно устранить, если в качестве закладки, использовать частично обезвоженную пульпу в виде спрессованных брикетов, изготавливаемых на поверхности и затем, закладываемых в выработанное пространство. В этом случае проблема заключается в поиске наиболее эффективного и экономичного вяжущего материала.

Форма создания хранилищ твердых крупнодисперсных отходов горного производства в виде породных отвалов различных размеров и конструкций делает практически маловероятным массовое применение технологий с возвратом этого вида отходов в выработанное пространство при подземном способе разработки, но сохраняет эту возможность при ведении открытых горных работ.

Принцип избирательности трактуется нами, как добыча и выдача на поверхность только полезного ископаемого. Избирательная выемка полезного ископаемого, как целевая функция формирования природоподобной горной технологии является по сути – технологической реакцией на сложность геоэкологической структуры месторождений [13]. Поэтому сущность принципа избирательности заключается в стремлении к выдаче из подземного пространства

добывающего предприятия только полезного ископаемого, представляющего хозяйственную ценность. С учетом принципиальных возможностей разделения руды и породы по естественным или искусственно заданным отличительным признакам систематизация способов отделения руды от породы при разработке рудных месторождений примет вид, представленный на рис. 6.



Рисунок 6 – Систематизация технологий разделения руды и породы при разработке рудных месторождений

Принцип экологической толерантности — регулирование взаимодействия техно- и биосферы исключительно по биологическим показателям и критериям, отражающим свойства и реакцию естественной биоты на техногенные факторы горного производства.

Процесс техногенного разрушения литосферы при получении необходимых полезных ископаемых порождает разветвленную систему разнообразных воздействий на абиоту и биоту экосистем природно-территориальных комплексов, в пределах которых располагаются добывающие предприятия. При изучении всего комплекса этих вопросов необходимо дифференцированно рассматривать техногенные факторы, как свойство той или иной геотехнологий и воздействие этих факторов — как реакцию конкретной биологической системы, попавшей под его влияние.

Общая структура техногенных факторов, оказывающих влияние на природную среду при ведении горных работ показана на рис. 7.

Состояние каждой Геосферы, как экологического объекта характеризуется площадью (или размером) этого объекта на земной поверхности. Внешние границы этой площади определяют по критическим значениям величины антропогенного нарушения и тем самым устанавливают положение объекта в пределах экосистемы.



Рисунок 7 – Систематизация техногенных факторов горного производства по [1]

Принцип энергобезопасности формулируется как предпочтительное использование энергии естественных возобновляемых источников

Добыча полезных ископаемых из литосферы является одной из самых энергоёмких отраслей хозяйственной деятельности человека. Парадоксальность сложившейся ситуации заключается в том, что, получая практически всю доступную нам энергию за счёт весьма энергоёмкого разрушения литосферы, основную долю полученной таким образом энергии мы затрачиваем на сам процесс добычи энергоносителей. В перспективе эта доля будет только возрастать по мере увеличения глубины разработки, усложнения структуры осваиваемых месторождений и снижения их географической и экономической доступности. Единственным выходом из этого замкнутого круга является первоочередное стимулирование освоения и эксплуатации более чистых «альтернативных» или «возобновляемых» источников энергии именно в сфере добычи минерального и энергетического сырья из литосферы [14].

Результаты выполненных аналитических исследований позволили сформировать концепцию технологической стратегии использования минеральных ресурсов литосферы в режиме предупреждения развития кризисных явлений (рис. 8).

В рамках этой концепции реализация сформулированных биотехнологических принципов формирования конвергентных горных технологий позволяет устранить локальные противоречия за счёт баланса уровня воздействия с естественной устойчивостью биоты, а также определить исполнительную структуру основного объекта технологических исследований – природно-технической системы освоения запасов полезных ископаемых, локализованных в литосфере Земли в зависимости от конкретных горно-геологических условий разработки месторождений и географического

положения территорий освоения недр.



Рисунок 8 – Концепция технологической стратегии освоения недр

Тогда, структура природно-технической системы освоения месторождения, трансформируется в сложную кластерную систему, состоящую из двух полиобъектных кластеров – *исполнительного и управляющего* (рис. 9).

Исполнительная, в нашем случае – техническая, составляющая реализует основную функцию системы – добычу полезного ископаемого, а **управляющая** – регулирует её проведение с учётом изменяющихся условий среды и требований сохранения естественной биоты Земли. Отсюда с очевидностью следует, что функциональная эффективность технической составляющей в общей системе всегда будет определяться характером взаимодействия природного и технического кластеров по критериям экологической безопасности применяемых технологий.

Учитывая многообразие и сложность структуры различных геологических типов месторождений полезных ископаемых, целесообразно последовательно замещать существующие горные технологии конвергентными, начиная с реализации отдельных биотехнологических принципов, постепенно приближаясь

в идеале к реализации одновременного выполнения комплексной проблемы – парировать негативное воздействие на окружающий нас природный мир.



Рисунок 9 – Схема функциональной структуры природно-технической системы освоения запасов месторождений

Заключение

Природоподобные технологии в форме конвергентных горных технологий можно считать безальтернативной перспективой модернизации технологической парадигмы минерально-сырьевого комплекса при реализации глобальной концепции устойчивого развития.

Сформулированные биогенные принципы построения таких технологий следует рассматривать как перспективные направления развития горных технологий, реализация которых позволит снизить техногенное воздействие на естественную биоту до неизбежного уровня, обеспечивающего возможность ее самовосстановления после отработки запасов месторождений.

Список литературы

1. Трубецкой К.Н., Гаченко Ю.П. Природоподобная технология комплексного освоения недр – проблемы и перспективы. М.: ООО Научтехлитиздат. 2020. 368 с.
2. World Hnergy Outlook 2024. URL: <https://www.iea.org/dsta-and-statistics>.
3. World Resources Record 2022 World Resources Institute. URL:

<https://tools-wri.org/publication>.

4. Gohen M.N, Coelho V.N Open pit mining operational planning using Multi Agent Systems. *Procedia Computer Science* 2021. 192:1677-86. doi 10.1016/j.endm.2020.1210.031.

5. XXXII Моисеевские чтения – Научно-практ. конф. «Система «УЧИТЕЛЬ» – академika Н.Н.Моисеева и современная историческая обстановка: Философские, эколого-политологические и педагогические основания для научного анализа». Москва РАН 5-7 марта 2025 г. URL: <https://mnepu-ras.ru>; <https://buran-sas.ru>.

6. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы // *Индекс безопасности*. 2017. № 3-4 (118-119). Т. 22. С. 103-108.

7. Крайзмер Л.П. Бионика. М., Госэнергоиздат. 1962. (русский язык).

8. Сукачев В.Н. Основные понятия биогеоценологии. М.: Наука. 1964. 574 с.

9. Йосс Ж., Джозеф Д. Элементарная теория устойчивости и бифуркации. М. Мир 1983. 301 с. (русский язык).

10. Горский Ю.М., Степанов А.М., Теслинов А.Г. Гомеостатика: гармония в игре противоречий. Иркутск: Изд. «Репроцентр АИ». 2008. 634 с.

11. Одум Ю. Экология. Т.1 - М.: Мир. 1986. 328 с. (русский язык).

12. Умаров А.Р., Еременко В.А. Развитие вторичного поля напряжений в условиях применения каркасной горной конструкции // *Горный информационный-аналитический бюллетень*. 2023. № 4. С. 22-27.

13. Hodge RA., Ericsson M. Lof O. et al. The global mining industry corporate profile, complexity, and change // *Mineral Economics* 2022. Vol. 35. Iss. 3-4. pp. 587-606. DOI 10.1007/s13563-022-00343-1 A.

14. IRENA: Renewable Power Generation Costs in 2021. URL: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>.

Раздел 2

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ РОССИИ И СТРАН СНГ

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРИАЭРОДРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Ахметова В. А., Тараканов Д. А., Максютлов А. М., Гиззатуллина И. И.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» г. Уфа, Россия

Загрязнение воздуха и шум – две проблемы, известные десяткам тысяч людей, живущих вблизи аэропорта. При работе авиационных двигателей в атмосферу выбрасываются разные продукты сгорания топлива, что называется эмиссией [1]. Международная организация гражданской авиации (ИКАО) ввела ограничение на эмиссию вредных веществ для защиты окружающей среды. Целые города, многие жители которых заняты в наземных службах аэропортов, каждый день подвергаются воздействию вредных веществ, рассеянных в атмосфере [1, 2].

Один из главных источников загрязнения атмосферы в районе аэропорта – выхлопы авиационных двигателей. Во время работы силовых установок в воздух попадают разнообразные продукты горения. Их состав и количество зависят от типа двигателя и его рабочих характеристик. Хотя двигатели самолетов эффективно сжигают топливо, это не исключает выбросы токсичных веществ, особенно во время взлета и посадки воздушных судов. Во время стоянки, руления (когда двигатели работают на низких оборотах) в воздух попадает большое количество оксидов углерода и углеводородных соединений. В процессе полета – оксидов азота [3].

Выхлопные газы газотурбинных двигательных установок (ГТДУ) содержат такие токсичные компоненты, как оксиды углерода (СО), оксиды азота (NO), углеводороды (НС), сажу, альдегиды и др. Наибольшее влияние на условия обитания выбросы ГТДУ оказывают в аэропортах и зонах, примыкающих к испытательным станциям. На основе анализа литературных источников [4-7] определены доли выбросов вредных веществ в аэропорту Шереметьево на 2020 год (рис. 1).

Анализ рисунка 1 показывает, что основными источниками загрязнения атмосферного воздуха вблизи международного аэропорта Шереметьево являются аэрозоли и углеводороды, которые вместе составляют почти 60 % выбросов. Оксид азота, способствующий образованию смога, кислотных дождей и усиливающий парниковый эффект, также представляет угрозу для экологии. 17 % от общего значения составляет оксид углерода, который токсичен для человека и препятствует переносу кислорода в крови [8-9].

Таким образом, в ходе работы проведен анализ данных по выбросам вредных веществ на территории аэропорта. Определено, что количество выбросов аэрозолей и углеводородов на 18 % больше, чем оксидов азота и углерода. Повышенная концентрация этих веществ в воздухе может привести к ухудшению качества жизни и увеличению заболеваемости.

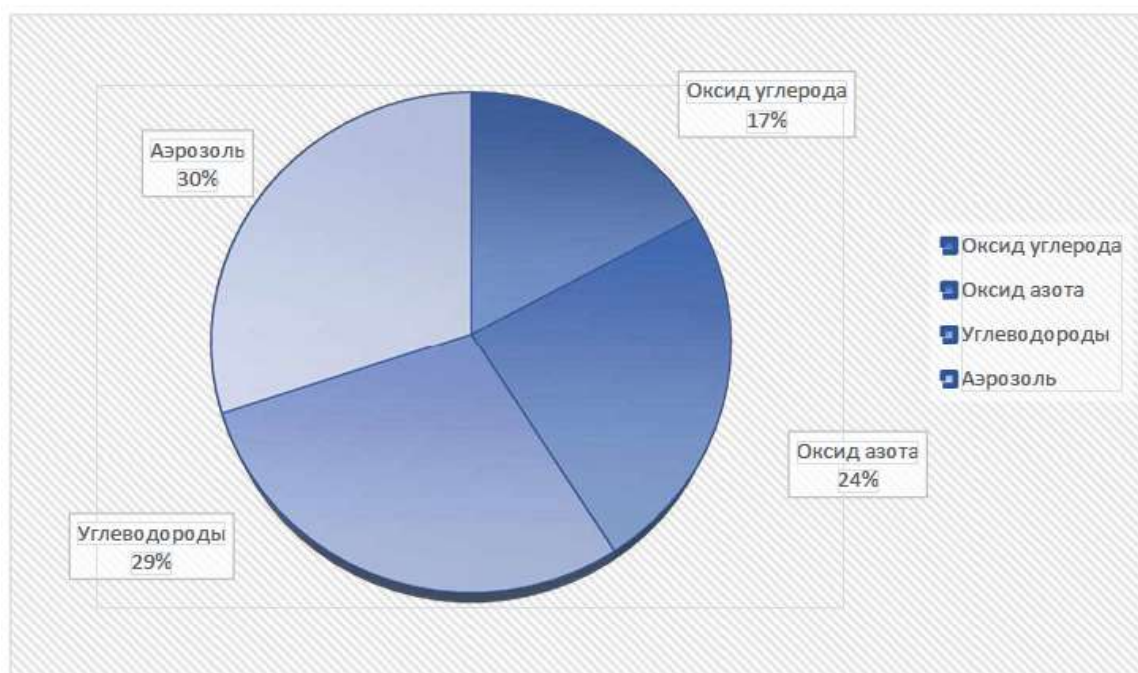


Рисунок 1 – Доля вредных веществ в общем количестве выбросов в аэропорту Шереметьево на 2020 год

Список литературы

1. Галанина А.В. Проблема выбросов загрязняющих веществ в пределах аэропорта // Материалы XXI Международной научно-техн. конф., посв. 35-летию полета орбитального корабля-ракетоплана многоразовой транспортной космической системы "Буран". 2023. С. 610-612 (дата обращения: 23.08.2025).
2. Александров Д.В. Картографирование переноса и рассеяния загрязняющих веществ автотранспорта / Д.В.Александров, Э.В. Нафикова, И.И. Ахияров // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 6(144). DOI 10.60797/IRJ.2024.144.160. EDN MIJCHF.
3. Лукашевич О.А., Хамдиев И.Ю., Васильев М.В. Негативное экологическое влияние аэропортов на окружающую местность // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. 2020. С. 16-20. Дата обращения: 11.08.2025.
4. Булычев С.Н., Мануйлова Н.Б., Мессинева Е.М. и др. Комплексный анализ химических воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации авиационной техники, и возможных путей решения данной проблемы (обзор) // Экология промышленного производства. 2016. С. 62-66 (дата обращения: 11.03.2025).
5. Ахметова В.А., Тараканов Д.А. Обеспечение безопасности полетов воздушных судов // XX Межд. научно-практ. конф. 2024. С. 122-124 (дата обращения: 11.08.2025).
6. Патент 2024685013 РФ. Программа определения выброса загрязняющих веществ от движущегося автотранспорта / Тараканов Д.А., Малофеев Р.Е., Рахматуллин Б.Н. и др., 2024.
7. К вопросу о пожарной безопасности на летно-испытательной станции / Г.И. Головин, И.Р. Мардамшин, А.Н. Елизарьев и др. // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2023. № 1. С. 31-47.
8. Воздействие авиации на окружающую среду [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_aviation (дата обращения: 11.08.2023).
9. Маслов В.А., Дзюбенко О.Л. Моделирование и прогнозирование загрязнения приаэродромных территорий выбросами воздушных судов государственной авиации. Москва: Русайнс, 2017. 109 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПОЖАРАХ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Гиззатуллина И. И., Тараканов Д. А., Максюттов А. М., Кузнецова В. К.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» г. Уфа, Россия

Республика Башкортостан – один из старейших промышленных регионов России, специализирующийся на нефтепереработке. Доля добычи нефти в регионе составляет 12 % от общего объема по стране. За все время на территории республики выявлено более 200 нефтяных месторождений с совокупными запасами нефти в 22,7 млрд баррелей. Ежегодная переработка углеводородного сырья нефтеперерабатывающими заводами достигает 23 млн тонн [1, 2]. При изучении воздействия выбросов на атмосферный воздух целесообразно учитывать опыт применения геоинформационных технологий для картографирования переноса и рассеяния загрязняющих веществ, что позволяет наглядно отразить зону их распространения и возможные превышения предельно-допустимых концентраций [3]. Нефтеперерабатывающие предприятия региона выбрасывают в атмосферу более 250 различных химических соединений, значительная часть которых относится к I и II классам опасности. В список основных загрязняющих веществ, которые выделяются при пожаре на нефтеперерабатывающих предприятиях, входят: углероды, сернистый газ, диоксиды серы, оксиды углерода, оксиды азота.

Для оценки влияния загрязняющих веществ, выделяющихся при пожаре, на окружающую среду выполнен анализ литературных источников [4-8]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние загрязняющих веществ на окружающую среду

Вещество	Влияние на окружающую среду
Углероды	- Метан, подвергаясь окислению, преобразуется в углекислый газ (CO₂), что приводит к увеличению его концентрации в атмосфере. Это усиливает парниковый эффект и способствует глобальному потеплению; - Хлорфторуглероды, попадая в атмосферу, разрушают озоновый слой, который защищает Землю от вредного ультрафиолетового излучения; - Атмосферного воздуха, что представляет угрозу для здоровья людей, животных и растений.
Оксиды азота	- Вступают в химические реакции с атмосферными компонентами, образуя смог и способствуя выпадению кислотных осадков.
Диоксиды серы	- Снижение продуктивности и замедление роста растительности.
Оксиды углерода	- Обладают высокой устойчивостью в атмосфере и способны распространяться на значительные расстояния. В результате накопления в атмосфере изменяется состав воздуха, что может привести к увеличению концентрации токсичных веществ, представляющих опасность для биологических систем.

Для минимизации загрязнения атмосферы токсичными продуктами горения при пожарах на объектах нефтеперерабатывающей промышленности применяются комплексные меры: внедрение современных систем пожаротушения, использование огнезащитных материалов и покрытий, применение экологически безопасных технологий и материалов, использование систем очистки выбросов [9, 10]. Одним из таких методов является применение азотных систем пожаротушения. Азот выполняет следующие функции: изоляция горючего вещества от кислорода воздуха, снижение концентрации активных компонентов, участвующих в цепной реакции окисления, а также охлаждение зоны горения до температуры, при которой дальнейшее горение становится невозможным.

Дополнительной мерой защиты является система орошения наружного контура резервуаров. Она включает водяной коллектор с распылителями, размещаемый над вертикальными стенками и крышей резервуара. При возникновении пожара автоматически начинается подача воды, создающая сплошной водяной экран вокруг резервуара и предотвращающая распространение огня. В качестве примера, использования такой системы, можно привести пожар, произошедший 25 января 2021 года на заводе «Уфаоргсинтез» в городе Уфа. Для ликвидации возгорания потребовалось около 250 кубических метров воды [11].

Также используется система пожаротушения на основе углекислого газа. Для её функционирования требуется установка, производящая углекислый газ, который при пожаре подаётся во внутренний объём резервуара, для изоляции, разбавления активных компонентов и охлаждения. Принцип работы и обслуживание систем пожаротушения на основе углекислого газа аналогичны азотным системам.

Кроме того, применяются системы локализации аварийных ситуаций, предотвращающие разрушение технологического оборудования и зданий при пожарах и угрозе избыточного давления. Эти системы основаны на срабатывании разгерметизирующих устройств, таких как предохранительные мембраны, клапаны, защитные проёмы, а также использовании огнепреградителей или подачи огнетушащих веществ.

Таким образом, пожары на объектах нефтепереработки представляют серьезную экологическую угрозу. Выбросы химических соединений при пожарах загрязняют атмосферу, способствуют формированию кислотных осадков и ухудшают видимость. Для снижения негативных последствий пожаров, их предотвращения и оперативной ликвидации используется системы пожаротушения на основе азотного и углекислого газа, воды, а также системы локализации аварийных ситуаций.

Список литературы

1. Промышленное производство [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/26006> (дата обращения: 19.08.2025).
2. Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecology.bashkortostan.ru/activity/27330/> (дата обращения: 18.08.2025).

3. Александров Д. В. Картографирование переноса и рассеяния загрязняющих веществ автотранспорта / Д.В.Александров, Э.В.Нафикова, И.И.Ахияров // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 6(144). DOI 10.60797/IRJ.2024.144.160. EDN MIJCHF.
4. Анализ пожаров на объектах нефтяной промышленности на примере Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-othodov-neftepererabotki-kak-komponentov-vtorichnogo-rekultivatsionnogo-syrya/viewer> (дата обращения: 19.08.2025).
5. Ахмадянов В.А., Тараканов Д.А. Анализ современного состояния проблемы обеспечения безопасности на объектах нефтегазовой отрасли // Вестник НЦБЖД. 2024. С. 62-67.
6. Гиззатуллина И.И., Кузнецова В.К., Ахметова В.А. Анализ аварий на нефтяной промышленности // Мавлютовские чтения: Материалы XVIII Всероссийской молодёжной научной конф. Уфа: Уфимский университет науки и технологий. 2024. С. 44-47.
7. Васютина С.С. Влияние вредных веществ на окружающую среду и человека, выделяющихся в штатном режиме работы нефтеперерабатывающих заводов // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской научно-техн. конф. молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет. 2019. С. 141-144.
8. Развитие методических основ оценки риска ЧС в резервуарных парках с использованием методов системного анализа / С.Г. Аксенов, А.Н. Елизарьев, Г.М. Манякова [и др.] // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 131-136. EDN VONHVP.
9. Овчинникова Е.И. Способы повышения экологической безопасности нефтеперерабатывающих предприятий на гидросферу // Инновационные технологии научного развития: сборник статей международной научно-практ. конф.. Казань: ООО «Аэтерна». 2017. С. 148-150.
10. Макеев Е.Г. Разработка модели для оценки экологического ущерба при тушении пожаров нефтепродуктов: бакалаврская работа: Тольятти. 2016. 94 с.
11. Главное управление МЧС России по Республике Башкортостан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://02.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4368685> (дата обращения: 20.08.2025).

СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Канева А. М., Хохлова Л. И.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

Органическое сельское хозяйство в Российской Федерации представляет собой инновационный и перспективный сегмент агропромышленного комплекса, нацеленный на устойчивое развитие области в целом. В последние годы наблюдается растущий интерес общественности к вопросам гуманного обращения с животными, что способствует популяризации органического животноводства [1]. Архитектурные решения таких хозяйств играют ключевую роль в их развитии, обеспечивая соответствие сооружений современным требованиям к содержанию животных в комфортных для них условиях.

Органическое сельское хозяйство в целом является производственной системой, которая базируется на природных технологиях и методах. Оно призвано улучшать экосистему, повышать плодородие почв, а также сохранять биологическое разнообразие и исключать вредные для окружающей среды компоненты [2]. Принципы гуманного отношения к животным, заложенные в органическом подходе к ведению животноводческого хозяйства, требуют свободного выпаса не менее трети, а при возможности и половины их жизни, запрета на содержание в клетках и создания условий для поведения, близкого к природному. Также важно обеспечение достаточного жизненного пространства, позволяющего животным принимать естественные позы и свободно совершать движения, характерные для них [3].

Архитектура объектов органического сельского хозяйства должна обеспечивать соблюдение этих требований посредством грамотных объемно-планировочных, конструктивных и иных решений. Помимо прочего, в подобных сооружениях необходимо применять натуральные и местные материалы, характерные для региона строительства – таким образом, минимизируется неблагоприятное воздействие на окружение, в помещениях создается благоприятный микроклимат, отсылающий на естественную среду обитания.

Современные проекты сооружений для органических животноводческих хозяйств наглядно демонстрируют успешное воплощение этих идей. Так, в турецком городе Эрзинджан, на органической ферме, был построен курятник, или «Дом для кур», в основу которого легла идея о гуманном обращении с птицами (рис.1). Каждое решение в проекте опирается на наблюдения за курами и опыте местных фермеров. В интерьере и экстерьере применены натуральные материалы, насесты спроектированы с учетом анатомических особенностей птиц, а планировка позволяет собирать яйца, не беспокоя кур. Курятник по большей части является местом укрытия от неблагоприятных погодных условий, а также местом сна и отдыха – преимущественно куры находятся на вольном выгуле. Помимо прочего, конструкция является модульной и позволяет расширить хозяйство при необходимости. Несмотря на простоту архитектурного

решения, сооружение имеет выразительный образ благодаря ритму диагоналей и деревянным панелям, примененным на фасаде. Именно идея взаимосвязи между человеком и животным является главным аспектом, определяющим проект в целом [4].



Рисунок 1 – «Дом для кур», Эрзинджан, Турция. Авторы проекта – «SO? Architecture and Ideas»

Другим примером может являться проект курятника от Leeko Studio, построенный в Китае, городе Цзясин (рис. 2). Как и в ранее рассмотренном проекте, архитектурные решения направлены на обеспечение комфортной и здоровой среды для птиц и основаны на изучении их повадок. Основные элементы планировки включают зоны для кормления, сна, откладывания яиц и общения. "Столовая" и "места для кладки яиц" расположены с восточной и западной сторон, а центральное пространство используется как "гостиная" с крупной ветвью дерева по центру, которую куры с удовольствием используют для отдыха и общения. Для упрощения восстановления с/х угодий была выбрана модульная легкая деревянная каркасная система на ленточном фундаменте, легко собираемая на месте. Полы, покрытые соломой, установлены на приподнятой деревянной конструкции, что улучшает вентиляцию и облегчает уборку, предотвращая накопление неприятного запаха [5].



Рисунок 2 – Курятник в г. Цзясин, Китай. Авторы проекта – Leeko Studio

В городе Альмере для управления популяцией из 80 овец, которые помогают контролировать сорные растения в местных лесах и парках, была построена овчарня (рис. 3). Здание имеет асимметричную обтекаемую форму и выполнено преимущественно из дерева – сосновая конструкция и облицовка из красного кедра; исключение составляют стальные несущие арки. Овчарня спроектирована так, чтобы быть доступной для посещения школьными классами и другими группами, а на втором этаже размещена комната для пастуха с небольшим кабинетом. Работы в овчарне выполняются, в том числе, людьми с ОВЗ под присмотром профессионалов. Такой подход к проектированию позволяет не только создавать комфортные условия для животных, но и интегрировать социальные и образовательные функции, что делает овчарню важным объектом для местных жителей и популяризирует идеи гуманного

отношения к животным. Применение натуральных материалов, простота конструкции и внимательное отношение к деталям подчеркивают гармоничное сочетание функциональности и архитектурного облика здания [6].



Рисунок 3 – Овчарня в г. Альмера, Нидерланды. Авторы проекта – 70F Architecture

Архитектура органических животноводческих хозяйств играет важную роль в обеспечении гуманного обращения с животными и устойчивого развития сельского хозяйства в целом. Она способствует созданию комфортных условий для животных, интеграции экологических практик в АПК и снижению воздействия на окружающую среду. Примеры зарубежной практики подтверждают, что такие подходы не только возможны, но и являются перспективными для применения. Развитие подобных проектов в России позволит укрепить позиции страны на мировом рынке органической продукции и поддержать стремление общества к более этичному и экологичному будущему.

Список литературы

1. Фролова О.А., Иванова О.В., Ефимова Л.В. Изучение перспектив развития органического животноводства в Российской Федерации с учетом особенностей национальной экономики // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-perspektiv-razvitiya-organicheskogo-zhivotnovodstva-v-rossiyskoy-federatsii-s-uchetom-osobennostey-natsionalnoy-ekonomiki> (дата обращения: 03.03.2025).
2. ГОСТ Р 56104-2014 «Продукты пищевые органические. Термины и определения» от 10 сентября 2014 г. № 1068-ст. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113488> (дата обращения: 01.03.2025).
3. ГОСТ Р 56508-2015. Национальный стандарт Российской Федерации «Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования» от 30 июня 2015 г. № 844-ст. Organic production. Regulations for production, storage, transportation/ [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121688> (дата обращения: 01.03.2025).
4. House of Chickens/SO? Architecture and Ideas [Электронный ресурс] // URL: https://www.archdaily.com/912475/house-of-chickens-so-architecture-and-ideas?ad_medium=gallery (дата обращения: 05.03.2025).
5. Næra Hotel, Chicken Coop / Leeko Studio [Электронный ресурс] URL: <https://www.archdaily.com/955829/naera-hotel-chicken-coop-leeko-studio> (дата обращения: 05.03.2025).
6. Sheepstable/70F Architecture [Электронный ресурс] URL: https://www.archdaily.com/1673/sheepstable-70f-architecture?ad_source=search&ad_medium=projects_tab (дата обращения: 05.03.2025).
7. Демидова М.А. Современные тенденции в архитектуре объектов агропромышленного комплекса Modern trends in agricultural architecture // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2020. С. 62.

ОЦЕНКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Коротаева А. Э.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург, Россия

В последние десятилетия загрязнение водных ресурсов [1] приобретает всё большую актуальность, особенно в контексте деятельности горнодобывающих предприятий [2, 3]. Несовершенство современных методов очистки сточных вод обусловлено как сложным химическим составом поступающих сточных вод на очистку, так и климатическими условиями, которые могут существенно влиять на данный процесс. Эти факторы значительно снижают эффективность традиционных технологий, способствуя увеличению нагрузки на водные экосистемы [4, 5].

Существующие методы очистки сточных вод от различного вида загрязняющих веществ, несмотря на их разнообразие, характеризуются высокой стоимостью внедрения и недостаточной степенью очистки от специфических загрязнителей, характерных для предприятий горнодобывающей промышленности.

Сточные воды предприятий горнодобывающей промышленности представляют собой сложную смесь различных загрязняющих веществ, обусловленную как технологическими процессами добычи полезных ископаемых, так и геохимическими особенностями горных пород [6]. Разнообразие загрязняющих веществ напрямую зависит от метода добычи, будь то подземная (шахтная) или открытая (карьерная) разработка [7, 8].

Карьерные сточные воды, как и шахтные, отличаются сложным и многокомпонентным составом, включающим широкий спектр загрязнителей. Состав вод формируется под воздействием естественных геохимических факторов, таких как состав горных пород и подземных вод в районе карьера. Кроме того, состав карьерных сточных вод определяется антропогенной деятельностью, связанной с технологическими процессами добычи полезного ископаемого.

Основными загрязняющими компонентами карьерных сточных вод являются: взвешенные вещества (мелкодисперсные частицы горных пород и руды), нефтепродукты (минеральные масла, смазочные материалы и компоненты взрывчатых веществ) [9], растворенные ионы неорганических солей (хлориды, сульфаты), тяжелые металлы и металлоиды (свинец, цинк, кадмий, мышьяк и др.) [10, 11], а также соединения азота (аммоний, нитриты, нитраты) [3, 12].

Соединения азота, включающие аммонийный (NH_4^+), нитратный (NO_3^-) и нитритный (NO_2^-) азот, являются одними из наиболее значимых загрязняющих веществ в карьерных сточных водах горнопромышленных предприятий [13].

Основным источником их поступления в карьерные воды являются

взрывчатые вещества (ВВ), широко используемые при проведении буровзрывных работ. Среди различных типов ВВ наибольшее распространение получили промышленные взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) [14] благодаря своей относительной дешевизне, доступности и высокой эффективности при разрушении горных пород. Несмотря на эти преимущества, использование аммиачной селитры приводит к загрязнению сточных вод азотными соединениями [13], что требует разработки эффективных методов очистки.

Учитывая вышесказанное, существует острая необходимость в разработке и внедрении новых, более эффективных подходов к очистке сточных вод горнопромышленных предприятий.

Использование технологии очистки сточных вод на основе сконструированных водно-болотных угодий оправдано благодаря её высокой эффективности, экономической выгоде, а также отсутствию образования побочных отходов. Данная технология характеризуется низким потреблением энергии и исключением химических реагентов, что минимизирует негативное воздействие на окружающую среду. Все эти аспекты делают сконструированные водно-болотные системы соответствующими принципам устойчивого развития, способствуя как экономическому прогрессу предприятий горной промышленности, так и сохранению экосистем. Кроме того, в данных системах активно используются природные материалы, такие как гравий, песок, почва и разнообразная водная растительность, что дополнительно подчеркивает её экологическую целесообразность.

В системах сконструированных водно-болотных угодий имитируются естественные процессы очистки вод, основанные на комбинации физических, химических и биологических механизмов. Данные системы демонстрируют высокую степень очистки сточных вод от тяжёлых металлов – до 99 % [15, 16], азота и фосфора – за счёт сорбции и биodeградации до 100 % [17-19], БПК – на 55-94 % [20].

Сконструированные водно-болотные угодья классифицируются на два основных типа в зависимости от того, как сточные воды движется через систему. Первый тип включает систему с поверхностным током воды, где произрастают различные виды водных растений: свободно плавающие, погруженные укореняющиеся, погруженные с плавающими листьями и эмерджентные растения [21].

Второй тип сконструированных водно-болотных угодий – с подповерхностным током воды. В этом типе систем сточные воды протекают через слой субстрата (гравия, песка, щебня) под поверхностью. Растения укореняются в этом субстрате, и их корни находятся в постоянном контакте с протекающей водой. В зависимости от направления потока воды, подповерхностные системы делятся на два подтипа: горизонтальные и вертикальные подповерхностные.

В рамках данного экспериментального исследования оценивалась эффективность использования нескольких видов водных растений в системе сконструированного водно-болотного угодья при очистке сточных вод,

образующихся в процессе открытой добычи полезных ископаемых. Подбор видов растений осуществлялся с учётом ряда критериев, направленных на обеспечение устойчивого развития и достижение максимальной эффективности в удалении загрязняющих веществ: экологическая устойчивость к климатическим условиям, быстрая скорость размножения, устойчивость к переувлажненной среде, которая характерна для водно-болотных угодий.

В результате анализа и сравнения различных видов высших водных растений, подходящих для использования в системе сконструированного водноболотного угодья, были выбраны три наиболее перспективных представителя. В качестве доминирующего вида водно-болотной растительности был выбран рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), известный своим высоким потенциалом фиторемедиации. Для усиления очистки и увеличения площади поверхности, на которой может развиваться биопленка, дополнительно были выбраны виды водных растений: частуха обыкновенная (*Alisma plantago-aquatica* L.) и ситник членистый (*Juncus articulatus* L.). Эти виды обладают развитой корневой системой с большой удельной площадью поверхности, что способствует более эффективной биологической очистке сточных вод.

Для интенсификации процесса очистки сточных вод горнодобывающего предприятия было решено внедрить в систему штамм микроводоросли *Chlorella*. Микроводоросль известна своей способностью эффективно удалять различные загрязняющие вещества, включая тяжелые металлы и нефтепродукты, благодаря механизму биологического разложения [22, 23]. Кроме того, микроводоросль *Chlorella* активно поглощает биогенные элементы, такие как азот и фосфор [24, 25]. Высокая фотосинтетическая активность этой микроводоросли, зависящая от освещенности, температуры и наличия питательных веществ, достигает максимального значения в дневное время, что не только улучшает качество воды, но и способствует быстрому разложению загрязнителей за счет активного окисления органических веществ.

Для проведения эксперимента был разработан раствор, который использовался для моделирования состава реальных сточных вод, образующихся на горном предприятии угледобывающей промышленности. Данный раствор был приготовлен на базе следующих солей: нитрат натрия (NaNO_3), нитрит натрия (NaNO_2), хлорид кальция (CaCl_2), гептагидрат сульфата железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), сульфат калия (K_2SO_4), гексагидрат хлорида магния ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), бикарбонат натрия (NaHCO_3), хлорид натрия (NaCl), монофосфат калия (KH_2PO_4).

Кроме основных компонентов, обеспечивающих химическое сходство с реальными сточными водами, в модельном растворе также присутствовали микроэлементы, необходимые для поддержания роста и жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в процессе биологической очистки. Эти микроэлементы включали марганец (Mn), бор (B), молибден (Mo), медь (Cu), цинк (Zn) и кобальт (Co).

В рамках экспериментального исследования была разработана экспериментальная установка, базирующаяся на системе сконструированного

водно-болотного угодья с открытой водной поверхностью (рис. 1). Выбор конструкции установки был осуществлен исходя из её экономических преимуществ: она требует относительно небольших вложений как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации. Это делает возможным интегрирование данной системы в существующие очистные сооружения предприятия, в частности, в эксплуатирующиеся пруды-накопители.

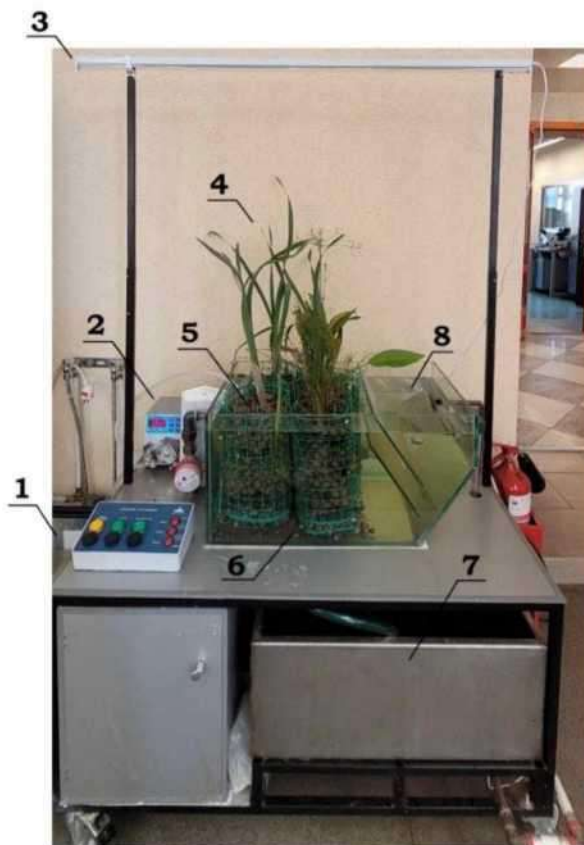


Рисунок 1 - Конструкция экспериментальной установки

1 – распределительный резервуар, 2 – перистальтический насос, 3 – лампа полного спектра, 4 – виды высшей водной растительности, 5 – резервуар очистки, 6 – субстрат, 7 – приемный резервуар, 8 – микроводоросль

В ходе экспериментального исследования было осуществлено 9 последовательных циклов очистки модельного раствора карьерных вод, суммарная продолжительность которых составила 31 день. Каждый цикл характеризовался использованием свежеприготовленного модельного раствора. Схема отбора проб включала три контрольные точки: на входе в экспериментальную установку, на выходе из неё, а также непосредственно из объёма резервуара очистки. Отобранные пробы помещались в стерильные пластиковые пробирки объёмом 50 мл с индивидуальной маркировкой. Для сохранения исходных характеристик пробы хранились при +4°C до проведения лабораторных исследований. Дополнительно, перед началом эксперимента и после его завершения были взяты образцы растений для изучения уровня накопленного азота в их тканях и наблюдения за динамикой этого процесса.

Для количественного измерения эффективности поглощения азота

растениями в ходе исследования оценивалась концентрация нитратного азота. Этот показатель помогает определить уровень усвоения азота растениями и оценить общую эффективность системы очистки воды в удалении азотных соединений.

Анализ распределения нитратного азота в тканях трех исследуемых видов растений – рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), частуха обыкновенная (*Alismaplantago-aquatica* L.) и ситник членистый (*Juncus articulatus* L.) – показал следующую закономерность: у всех трех видов концентрация нитратного азота в листьях оказалась существенно выше, чем в корнях. К моменту окончания эксперимента эта разница стала более значимой: у рогоза широколистного концентрация в листьях превосходила показатели в корнях в 2,6 раза; у частухи обыкновенной – в 1,8 раза; а у ситника членистого – в 13,2 раза.

К концу эксперимента уровень нитратного азота в тканях исследуемых растений заметно увеличился по сравнению с начальными показателями, за исключением корней ситника членистого (*Juncus articulatus* L.), где наблюдалось небольшое снижение концентрации нитратного азота на 3 %. Несмотря на уменьшение концентрации нитратов в этих тканях, общее количество нитратного азота повысилось вследствие увеличения массы корней. Таким образом, несмотря на кажущееся снижение концентрации, фактическое содержание нитратного азота в корнях выросло благодаря интенсивному росту растений.

Кроме того, было получено существенное снижение концентрации различных форм азота непосредственно в модельном растворе: аммонийного азота (NH_4^+) на 96 %, нитритного азота (NO_2^-) – на 99 % и нитратного азота (NO_3^-) – на 80 %.

Проведенное экспериментальное исследование демонстрирует, что комплексное снижение концентрации азотных соединений в карьерных сточных водах может быть эффективно достигнуто благодаря совместному применению нескольких видов водных растений. В частности, использование комбинации рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.), частухи обыкновенной (*Alisma plantago aquatic* L.) и ситника членистого (*Juncus articulatus* L.) (представляющих собой высшие водные растения) совместно с микроводорослью *Chlorella* sp. (представителем низшей водной растительности) приводит к существенному уменьшению содержания различных форм азота в сточных водах горных предприятий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSRW-2024-0005).

Список литературы

1. Chukaeva M.A., Sapelko T.V. Assessment of the ecological state of aquatic ecosystems by studying lake bottom sediments // Journal of mining institute. 2025. no. 16225. pp. 53-62.
2. Воздействие предприятий минерально-сырьевого комплекса Урала на водные ресурсы / Боброва З.М., Ильина О.Ю., Студенок Г.А. и др. // Известия Уральского государственного горного университета. 2016. т. 1, № 41. С. 62-66.
3. Очистка карьерных вод горнорудных предприятий от азотсодержащих соединений с использованием редокс-барьеров / Глушанкова И.С., Бессонова Е.Н., Блинов С.М. и др. //

Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 10. с. 58-68. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_10_0_58.

4. Pollution in the Arctic Ocean: An overview of multiple pressures and implications for ecosystem services / Townhill B.L., Reppas-Chrysovitsinos E., Suhring R., Halsall C.J., Mengo E., Sanders T., Dahnke K., Crabeck O., Kaiser J., Birchenough S.N.R. // *Ambio*. Springer Science and Business Media B.V. 2022. vol. 51. no. 2. pp. 471-483. DOI: 10.1007/s13280-021-01657-0.

5. Kharko P.A., Matveeva V.A. Bottom sediments in a river under acid and alkaline wastewater discharge // *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2021. vol. 22. no 3. pp. 35-41. DOI:10.12912/27197050/134870.

6. Dharmappa H.B., Sivakumar M., Singh R.N. Wastewater Characteristics, Management and Reuse in Mining and Mineral Processing Industries // *Wastewater Recycle, Reuse and Reclamation*. 1998. vol. 1. pp. 10.

7. Pashkevich M.A., Korotaeva A.E., Matveeva V.A. Experimental simulation of a system of swamp biogeocenoses to improve the efficiency of quarry water treatment // *Journal of Mining Institute*. 2023. vol. 263. pp. 785-794.

8. Treatment of water inflow from flooded underground mines / Kulikova A.A, Stelmakhov A.A., Bacheva T.A. and other // *Mining informational and analytical bulletin*. 2020. no. 6. pp. 38-47. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-38-47

9. Очистка карьерных сточных вод угольного предприятия в регионах с повышенной антропогенной нагрузкой / Иванова Л.А., Тимошук И.В., Горелкина А.К. и др. // *Вестник НЦ ВостНИИ*. 2022. № 4. С. 107-114.

10. A study of interaction of mine drainage waters with impregnated copper-nickel ores / Svetlov A., Makarov D., Potapov S. and other // *Inzynieria Mineralna*. 2018. vol. 19. no. 1. pp. 165-171. DOI: 10.29227/IM-2018-01-27.

11. Karathanasis A.D., Johnson C.M. Metal Removal Potential by Three Aquatic Plants in an Acid Mine Drainage Wetland // *Mine Water Environ*. 2003. vol. 22. pp. 22-30. DOI:10.1007/s102300300004.

12. Vymazal J. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review // *Ecological Engineering*. 2014, vol. 73. pp. 724-751. DOI:10.3390/w2030530.

13. Assessing the fate of explosives derived nitrate in mine waste rock dumps using the stable isotopes of oxygen and nitrogen / Hendry M.J., Wassenaar L.I., Barbour S.L. and other // *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V. 2018. vol. 640-641. pp. 127-137. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.275.

14. Hawinkel J., Group Mt. Engineered controls to mitigate nitrate leaching from explosives in blast holes. *Proceedings of Mine Water Solutions 2022* June 14-16. 2022. Vancouver. Canada. 2022.

15. Brenner F.J. Use of constructed wetlands for acid mine drainage abatement and stream restoration // *Water science and technology*. 2001. vol. 44. no 11-12. pp. 449-454.

16. Hudson A., Murnane J., Courtney R. Use of Constructed Wetlands for Treating Mine Waste Leachates: Assessment of Longevity and Management Implications. 2021. 42 p.

17. Islam Md.A.S., Saeed T., Majed N. Role of constructed wetlands in mitigating the challenges of industrial growth and climate change impacts in the context of developing countries // *Front Environ Sci. Frontiers Media S.A.* 2022. vol. 10. DOI:10.3389/fenvs.2022.1065555.

18. Evaluation of the effectiveness of horizontal subsurface flow constructed wetlands for different media / Albuquerque A., Oliveira J., Semitela S., Amaral L. // *Journal of Environmental Sciences*. 2010. vol. 22, no. 6. pp. 820-825. DOI: 10.1016/S1001-0742(09)60183-2.

19. Sun L., Liu Y., Jin H. Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna // *Ecol Eng*. 2009. vol. 35. no. 1. pp. 135-140. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2008.09.016.

20. Constructed Wetlands: A sustainable way of Treating Wastewater in Cold Climate – A review / Singh A., Katoch S.S., Bajpai M. and other // *Pollution*. 2022. vol. 8. no. 2. pp. 373-396. DOI: 10.22059/POLL.2021.324626.1103.

21. Constructed wetland, an eco-technology for wastewater treatment: A review on types of

wastewater treated and components of the technology (macrophyte, biofilm and substrate) / Katak S., Chatterjee S., Vairale M.G. and other // Journal of Environmental Management. 2021. vol. 283. pp. 111986. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.111986.

22. Ahluwalia S.S., Goyal D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater // Bioresource Technology 98. 2007. pp. 2243-2257. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.12.006.

23. Randrianarison G., Ashraf M.A. Microalgae plant (*Chlorella* sp.) for wastewater treatment and energy production // Ekoloji. 2018. vol. 27. no. 106. pp. 1455-1465.

24. Evaluation of waste activated sludge as a potential nutrient source for cultivation of *Chlorella sorokiniana* / Ramsundar P., Guldhe A., Singh P. and other // Algal Res. Elsevier, 2017, vol. 28, pp. 108-117. DOI: 10.1016/j.algal.2017.10.006.

25. Семенов Ю.В., Харламова Т.А., Бодров А.В. Использование микроводоросли - хлореллы для биологической очистки воды от загрязнений нефтепродуктами // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 11. С. 169-171.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Кузнецова В. К., Тараканов Д. А., Ахметова В. А., Максютлов А. М.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» г. Уфа, Россия

Нефтяная отрасль является одной из ключевых составляющих мировой экономики. По данным Международного энергетического агентства (IEA), на нефть приходится около 31 % мирового энергопотребления. Нефть – ключевой энергетический ресурс, обеспечивающий функционирование транспорта, производства и энергетики [1]. Анализ современных подходов указывает, что очистка водных объектов, загрязненных нефтепродуктами, должна учитывать многокомпонентный состав загрязняющих веществ, а эффективность технологий следует оценивать по совокупности показателей качества воды, а не по отдельным параметрам [2]. Однако ее добыча, переработка и транспортировка сопровождаются образованием различных видов отходов, включая токсичные и опасные вещества.

На сегодняшний день нефть и нефтепродукты являются одними из главных загрязнителей океанов и морей [3, 4]. В течение последних двух десятилетий произошло как минимум 10 значительных катастроф, в результате которых в Мировой океан сброшено свыше 20 миллионов тонн нефти [5]. Помимо аварийных ситуаций, загрязнение водных объектов происходит в процессе работы с нефтяными танкерами. Во время погрузки и разгрузки нефти возможны утечки через клапаны и трубопроводы. Это может быть связано с износом оборудования, нарушениями технологии и человеческим фактором [6]. Разливы нефти и выбросы углеводородов становятся все более частыми – ежегодно в водные объекты выливается до 36 тысяч тонн нефти [7]. Это подчеркивает необходимость внимательного отношения к экологической составляющей деятельности нефтяной отрасли.

Так, разлив мазута в Керченском проливе на территории России, произошедший 15 декабря 2024 года вследствие разлома корпусов двух российских нефтяных танкеров класса «Волгонефть» во время шторма, стал серьёзной экологической катастрофой. К концу января 2025 года с затонувших танкеров успешно поднято 1,5 тысячи тонн мазута, около 5 тысяч тонн всё ещё остается в воде. В результате общий объём вытекшего мазута составил 6,5 тысячи тонн. Согласно данным Greenpeace, загрязнение нефтепродуктами охватило территорию площадью около 400 км² [8]. Кроме того, 3 марта 2025 года в Германии недалеко от контейнерного порта в Гамбурге произошёл другой инцидент: из резервуара одной из компаний, занимающейся транспортировкой и хранением продуктов нефтеперегонки в канал Катвюкхафен вылилось около 42 тысяч литров нефтепродуктов. В результате инцидента пострадало более 90 тысяч м³ воды [9]. Подобные инциденты представляют собой значительную угрозу для экосистем, вызывая загрязнение водоемов, уничтожение морской флоры и фауны, а также негативное воздействие на здоровье человека.

Для определения основных методов извлечения нефти из водной среды выполнен литературный обзор источников [10-12]. Понимание этих методов позволит оценить их эффективность в очистке водной среды от нефти (Таблица 1).

Таблица 1 – Основные методы удаления нефти с поверхности воды

Методы извлечения нефти	
Механические	- Сорбенты. Использование материалов, которые впитывают нефть. Сорбенты могут быть натуральными (например, сено, древесные волокна) или синтетическими (например, пенополиуретан, диоксид кремния); - Скиммеры. Устройства, которые физически удаляют нефть с поверхности воды. Они работают на принципе захвата нефти и отделения её от воды; - Уборочные барьеры. Плавающие барьеры, которые ограничивают распространение нефти и позволяют собирать её в определенной зоне.
Химические	- Детоксикация. Использование химикатов (например, диспергентов) для разложения нефтепродуктов на менее токсичные компоненты; - Биоремедиация. Применение микроорганизмов или их ферментов для разложения нефти в воде.
Физико-химические	- Коагуляция и флокуляция. Процессы, при которых мелкие частицы объединяются в более крупные, что упрощает их удаление.

Для быстрого удаления нефти на поверхности воды механические методы (скиммеры и сорбенты) часто являются предпочтительными, особенно в первые часы после утечки. Для долгосрочной очистки и снижения токсичности биоремедиация может быть более эффективной. Для очистки водоемов от нефтяных загрязнений может использоваться комбинированный подход, включающий механические методы (такие как барьеры и сорбенты) в сочетании с биоремедиацией, где микроорганизмы помогают разлагать нефтепродукты [13].

Таким образом, в ходе работы рассмотрены инциденты аварий в Керченском проливе и в канале Катвюкхафен. Выполнен литературный обзор источников, посвященных извлечению нефти из водоема, по результатам которого определены основные методы удаления нефти с поверхности воды: механические, химические, физико-химические. Результаты работы показывают, что наиболее эффективным методом является сочетание различных технологий и стратегий в зависимости от конкретных условий и типа загрязнения.

Список литературы

1. Нефть как драйвер экономики: ключевые страны и компании, влияющие на мировой рынок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smart-lab.ru/blog/1068314.php> (дата обращения: 05.03.2025).
2. Оценка эффективности системы очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия с помощью фрактального анализа / Э.В. Нафикова, Д.В. Александров, О.Г. Мартынова и др. // Техносферная безопасность. 2022. № 1(34). С. 9-15. EDN GLVTYV
3. Рахимзянов И.И. Загрязнение и засорение водных // Вестник магистратуры. 2021. №5-2 (116). С. 4-8.
4. Гиззатуллина И.И., Кузнецова В.К., Ахметова В.А. Анализ аварий на нефтяной

промышленности // Мавлютовские чтения: Материалы XVIII Всероссийской молодёжной научной конф. 2024. С. 44-47.

5. Распространение свалочного фильтрата в грунтовые воды / А. Лонгобарди, А.Н. Елизарьев, Э.С. Насырова и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 36-43. DOI 10.25750/1995-4301-2020-2-036-043. EDN LBXMEF.

6. Аксенов С.Г., Елизарьев А.Н., Синагатуллин Ф.К. и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. №4-1 (118). С. 6-11.

7. Проблема загрязнения водной экосистемы нефтепродуктами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/nauchno-publitsisticheskie-stati/detail/12277088.html> (дата обращения: 05.03.2025).

8. Экологическая катастрофа на черноморском побережье: хронология событий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ngs.ru/text/incidents/2025/01/15/74987513/> (дата обращения: 05.03.2025).

9. Рядом с портом в Германии разлилось около 42 тысяч литров нефтепродуктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/social/news/2025/03/03/25220576.shtml?updated> (дата обращения: 05.03. 2025).

10. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Москва: "Ин-октаво". 2005. 368 с.

11. Мещеряков С.В., Еремин И.С., Зайцева Е.А. Применение сорбирующих материалов при ликвидации последствий разливов нефти // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2020. № 2(293). С. 21-25.

12. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. 2008. № 1(1). С. 19-25.

13. Методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dprom.online/oilngas/metody-likvidatsii-razlivov-nefti-i-nefteproduktov/>. Дата обращения: 05.03.2025.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНОКУЛЯЦИИ МИКОРИЗНЫМИ ГРИБАМИ РОДА *GLOMUS* В УСЛОВИЯХ ПРИБЛИЖЕННЫХ К ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ

Лебедева М. А.

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Россия

Симбиотические микроорганизмы играют важную роль в жизни растений, обеспечивая их минеральное питание, защиту от патогенов и фитопатогенов, а также адаптацию к различным стрессам (1, 2, 8-10,12,13). Интерес к АМ вызван тем, что растения демонстрируют ярко выраженный положительный ростовой ответ на колонизацию корней грибом мицелием, значительно повышая урожайность (7,11,14).

В задачи исследований входило изучение влияния инокуляции симбиотическими эндотрофными грибами (грибными препаратами) на физиологическое состояние и рост растений томата с разработкой элементов технологии выращивания овощных культур защищенного грунта методом микоризации.

Опыт продолжался с 28.02.15 по 03.08.15 г. и состоит из двух этапов. На первом этапе (с 28.02.15 по 01.06.15), в рассадный период (до фазы бутонизации – начало цветения цветения) растения произрастали в регулируемых условиях климатической камеры методом стерильной контейнерной культуры. Далее (на втором этапе с 01.06.15 по 03.08.15 г.), до момента плодоношения, растения перенесли в гидропонную установку с капельной системой подачи поливочного раствора.

Изучение растений томата с 2 типами роста: детерминантный – Бони ММ (к) и Ранний-83 и индетерминантный – F₁ Евпатор (к) и F₁ Спрут с целью выявления сортовой особенности на инокуляцию эндотрофными грибами. Инокуляцию проводили путем внесения исследуемых грибных препаратов Mucor Mix и Glomus Mossae, контрольный вариант – без внесения препарата.

Измерения и проведение анализов на момент изменения условий выращивания растений производили 03.08.15 г. На общее количество листьев томата повлиял сорт ($p < 1,70 \cdot 10^{-7}$), а также взаимодействие сорта и грибного препарата ($p < 1,53 \cdot 10^{-3}$). Количество настоящих листьев изменялось под влиянием не только изучаемых факторов но и их взаимодействия ($p < 0,05$). Длина, ширина 3 листа зависела от сорта ($p < 0,05$). На длину стебля повлияли все изучаемые факторы, а также их взаимодействие ($p < 0,05$), однако это не сказалось на биомассе растений.

Таблица 1 – Морфометрические показатели надземной части растений томата

Препарат (Фактор В)	Сорт (Фактор А)			
	Бони ММ (к)	Ранний-83	F ₁ Евпатор (к)	F ₁ Спрут
Общее количество (включая ювенильные) листьев (НСР ₀₅ ч.р. = 2,0), шт.				
Без препарата (к)	9,0	7,5	6,0	8,5
Mycor Mix	9,0	7,0	6,0	6,0"
Glomus Mossae	13,5"	6,0	6,0	7,5
Количество настоящих листьев (НСР ₀₅ ч.р. = 0,5), шт.				
Без препарата (к)	4,5	4,0	3,5	4,0
Mycor Mix	4,0"	4,0	4,0"	4,5"
Glomus Mossae	6,5"	4,5"	4,0"	5,0"
Длина третьего листа (НСР ₀₅ ч.р. = 3,8), см.				
Без препарата (к)	14,5	13,5	10,0	18,5
Mycor Mix	14,0	11,0	14,0"	20,0
Glomus Mossae	14,0	15,0	17,0"	19,5
Ширина третьего листа (НСР ₀₅ ч.р. = 3,8), см.				
Без препарата (к)	9,0	7,0	7,0	12,5
Mycor Mix	8,0	6,3	9,0	12,5
Glomus Mossae	6,0	10,0	11,5	16,0
Длина стебля (НСР ₀₅ ч.р. = 6,8), см.				
Без препарата (к)	18,8	14,0	10,0	24,5
Mycor Mix	20,5	11,0	19,5"	24,0
Glomus Mossae	26,0"	25,0"	26,0"	27,0
Биомасса (НСР ₀₅ ч.р. = 12,6), г				
Без препарата (к)	50,2	75,0	52,0	66,2
Mycor Mix	56,8	47,6"	70,3	54,2
Glomus Mossae	70,4"	61,8"	50,8	56,4

Примечание: " – достоверные различия при внесении препаратов (по сравнению с контролем).

Общее количество (включая ювенильные) сформировавшихся листьев при внесении Mycor Mix снижается у сорта F₁ Спрут, а вот инокуляция Glomus Mossae способствует увеличению этого показателя у сорта Бони ММ. Количество настоящих (раскрывшихся) листьев при внесении Mycor Mix у индетерминантных листьев увеличивается, а вот у сорта детерминантного Бони ММ наоборот достоверно меньше. Во всех вариантах, где вносили препарат Glomus Mossae, количество листьев стало больше. У сорта F₁ Евпатор при инокуляции грибными препаратами длина третьего листа достоверно увеличилась, однако на ширину листьев микоризация никак не повлияла.

Длина стебля растений томата сорта F₁ Евпатор увеличивается при внесении и Mycor Mix и Glomus Mossae. Также длина стебля увеличивается у обоих детерминантных сортов при внесении Glomus Mossae. Что касается биомассы надземной части растений, то она у индетерминантных сортов не зависит от инокуляции грибными препаратами, а у детерминантных – увеличивается у сорта Бони ММ при внесении Glomus Mossae.

На содержание нитратов в листьях томата повлияли все изучаемые факторы, а также их взаимодействие ($p < 0,05$). На содержание сухого вещества повлиял сорт ($p < 0,03$) и грибной препарат ($p < 6,49 \cdot 10^{-4}$).

Таблица 2 – Биохимические показатели надземной части растений томата

Препарат (Фактор В)	Сорт (Фактор А)			
	Бони ММ (к)	Ранний-83	F ₁ Евпатор (к)	F ₁ Спрут
Нитратов (НСР ₀₅ ч.р. = 554), мг/кг				
Без препарата (к)	2626	2810	3097	3298
Мусор Mix	3058	2390	4072"	3971"
Glomus Mossae	3078	3958"	3890"	3151
Сухое вещество (НСР ₀₅ ч.р. = 0,9), %				
Без препарата (к)	8,2	7,7	8,1	8,0
Мусор Mix	8,3	7,3	8,5	7,8
Glomus Mossae	9,3"	8,5	8,8	8,7

Примечание: " – достоверные различия при внесении препаратов (по сравнению с контролем).

Содержание нитратов в листьях достоверно увеличивается у индетерминантных сортов при инокуляции препаратом Мусор Mix. При внесении препарата Glomus Mossae нитраты в листьях также увеличиваются у сортов F₁ Евпатор (индетерминантный) и Ранний-83 (детерминантный). Что касается накоплению сухого вещества в листьях, то инокуляция микоризными препаратами в основном не оказала существенного влияния кроме варианта с внесением Glomus Mossae в прикорневую зону сорта F₁ Бони ММ, где этот показатель достоверно выше контрольного.

На содержание хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов повлиял только сорт ($p < 0,05$).

Таблица 3 – Содержание фотосинтетических пигментов в листьях томата, мг/г

Препарат (Фактор В)	Сорт (Фактор А)			
	Бони ММ (к)	Ранний-83	F ₁ Евпатор (к)	F ₁ Спрут
Хлорофилл <i>a</i> (НСР ₀₅ ч.р. = 0,931)				
Без препарата (к)	3,590	2,914	3,946	2,888
Мусор Mix	3,426	3,082	3,706	2,776
Glomus Mossae	3,412	2,662	3,519	2,663
Хлорофилл <i>b</i> (НСР ₀₅ ч.р. = 0,202)				
Без препарата (к)	0,693	0,604	0,795	0,574
Мусор Mix	0,676	0,562	0,792	0,551
Glomus Mossae	0,634	0,563	0,665	0,557
Каротиноиды (НСР ₀₅ ч.р. = 0,363)				
Без препарата (к)	1,328	1,082	1,469	1,105
Мусор Mix	1,243	1,110	1,410	1,059
Glomus Mossae	1,222	1,034	1,307	1,016

На содержание фотосинтетических пигментов инокуляция грибными препаратами не повлияла. Все варианты в пределах ошибки опыта.

На содержание сухого вещества в корнях томата повлиял сорт ($p < 0,02$) и грибной препарат ($p < 1,3 \cdot 10^{-4}$). Объем корневой системы существенно изменился только при взаимодействии сорта и грибного препарата ($p < 2,98 \cdot 10^{-4}$). Биомасса существенно изменилась только при инокуляции грибными препаратами ($p < 3,75 \cdot 10^{-4}$).

Таблица 4 – Показатели корневой системы

Препарат (Фактор В)	Сорт (Фактор А)			
	Бони ММ (к)	Ранний-83	F ₁ Евпатор (к)	F ₁ Спрут
Сухое вещество (НСР ₀₅ ч.р. = 1,7), %				
Без препарата (к)	7,7	8,2	8,4	9,5
Mycor Mix	9,2	8,7	8,7	9,5
Glomus Mossae	8,8	10,2"	11,8"	11,2"
Объем (НСР ₀₅ ч.р. = 1,5), мл				
Без препарата (к)	1,7	4,0	4,0	5,0
Mycor Mix	3,0	3,0	4,0	3,0"
Glomus Mossae	5,0"	4,0	4,0	2,0"
Биомасса (НСР ₀₅ ч.р. = 2,5), г				
Без препарата (к)	2,2	2,5	2,5	2,9
Mycor Mix	2,7	2,2	3,6	2,8
Glomus Mossae	4,9"	3,2	4,3	8,0"

Примечание: " – достоверные различия при внесении препаратов (по сравнению с контролем).

Сухое вещество в корнях томата достоверно увеличивается при внесении Glomus Mossae на всех сортах, кроме Бони ММ, однако объем корневой системы и биомасса наоборот в этом варианте увеличивается. Противоречивые результаты на сорте F₁ Спрут. Тут объем корневой системы существенно снижается при микоризации независимо от вида используемого препарата, а вот биомасса в варианте с внесением Glomus Mossae – увеличивается.

Наилучшие результаты среди детерминантных сортов в варианте при инокуляции Glomus Mossae с внесением в субстрат. При инокуляции в специальном питательном растворе оба препарата показали неплохие результаты, но наблюдается увеличение гибели растений, что недопустимо для промышленного производства. На индетерминантных сортах также наилучшие результаты в варианте Glomus Mossae при инокуляции внесением в субстрат. Поэтому, для дальнейшего изучения растения, инокулированные внесением препарата в сухом виде в прикорневую зону, перенесли в гидропонную установку с капельной системой подачи раствора.

Список литературы

1. Борисов А.Ю. Растительно-микробные взаимодействия и их практическое значение / А.Ю.Борисов, О.Ю.Штарк, А.Е.Казаков // Мат. Всерос. науч.-практ. конф. «Пути повышения устойчивости сельскохозяйственного производства в современных условиях». Орел: 2005. С. 325-348.
2. Воронина Е.Ю. Микоризы в наземных экосистемах: экологические, физиологические и молекулярно-генетические аспекты микоризных симбиозов // Микология сегодня. Т.1 Под ред. Дьякова Ю.Т., Сергеева Ю.В. М.: Национальная академия микологии. 2007. С. 142-234.
3. Лебедева М.А. Изучение микоризации как способа повышения устойчивости овощных культур в условиях защищенного грунта [Текст] // Всероссийская научно-практическая конференция «Иновации в науке, технике и технологиях» 28–30 апреля 2014: сборник статей. Ижевск. 2014. С. 147-150.
4. Лебедева М.А. Изучение влияния инокуляции эндотрофными грибами рода Glomus на растения томата в рассадный период / М.А.Лебедева, И.Л.Бухарина // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской

научно-практической конференции. 17-20 февраля 2015 г. В 2 т. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. Т. I. 388 с. Режим доступа: http://www.izhgsha.ru/img/UserFiles/File/Nauch_deyat/Konferenc/17-20feb2015/tom1_2015.pdf (дата обращения: 8.12.2015).

5. Лебедева М.А. Эффективность применения грибных препаратов для повышения устойчивости томата / Лебедева М.А., Бухарина И.Л. // *Japanese Educational and Scientific Review*/ 2015. № 1 (9); Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=hronzm> (дата обращения: 25.03.2025).

6. Лебедева М.А. Влияние грибных препаратов на фотосинтетическую активность томата в условиях гидропонной культуры / М.А. Воробьева, М.А. Лебедева // *Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник статей [Электронный ресурс]* Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. № 2. 512 с. Режим доступа: http://192.168.88.24/img/UserFiles/File/Nauch_deyat/NauchTrudStud/NauchTrudStud_1-2016.pdf (дата обращения: 28.06.2016)

7. Маршунова Г.Н. Принципы отбора эффективных культур эндомикоризных грибов / Г.Н.Маршунова, Л.М.Якоби // Тез. докл. респ. конф. «Микроорганизмы в сельском хозяйстве». Кишинев: 1988. С. 166-168.

8. Проворов Н.А. Сравнительная генетика и эволюционная морфология симбиозов растений с микробами-азотфиксаторами эндомикоризными грибами / Н.А.Проворов, А.Ю.Борисов, И.А.Тихонович // *Журнал общей биологии*. 2002. Т.63. № 6. С. 451-472.

9. Тихонович И.А. Симбиогенетика микробно-растительных взаимодействий. Экологическая генетика / И.А.Тихонович, Н.А.Проворов // Т.1 *Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии Россельхозакадемии*, Санкт-Петербург, 2003. С. 36-46.

10. Пиголева С.В. Колонизация растений ассоциативными микроорганизмами – экологически чистый метод повышения устойчивости растений к фитопатогенам (влияние колонизации сахарной свеклы штаммами бактерий *pseudomonas aureofaciens* и *methylovorus maus* на рост, корнеобразование, фотосинтез и устойчивость растений к *erwinia carotovora* и *sclerotinia sclerotiorum*) / С.В.Пиголева, А.В.Пиголев, Н.С.Захарченко и др. // *Актуальные проблемы биоэкологии*. М: Моск. Гос. Обл. Ун-т, естеств.-экол. Ин-т. 2008. С. 174-176. библиогр.: с.176.

11. Barea J.M., Impact on arbuscular mycorrhiza formation of *Pseudomonas* strains used as inoculants for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. / J.M. Barea, G. Andrade, V. Bianciotto e.a. // *Appl. Environ. Microbiol.* 1998. 64(6): pp. 2304-2307.

12. Smith S.E. Mycorrhizal symbiosis (3rd edn.) / S.E.Smith, D.J.Read. New York: Academic Press, 2008. 804 p.

13. Smith S.E., Read D.J. Mycorrhizal Symbiosis (second edition). San Diego, London, New York. Boston, Sydney. Tokyo. Toronto: Academic Press. 1997. 590 p.

14. Read D.J., An ecological point of view on arbuscular mycorrhiza research. In: *Mycorrhizal technology in agriculture. From genes to bioproducts* / D.J.Read, S.Gianinazzi, H.Schüepp, J.M.Barea e.a. (eds.) // Basel, Birkhauser Verlag. 2002: pp. 129-137.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Николаева Е. С., Закиров Р. К., Балымова Е. С., Ахмадуллина Ф. Ю.
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
г. Казань, Россия

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных экологических угроз для здоровья человека. За счет мер по снижению уровня загрязнения воздуха страны могут уменьшить бремя таких болезней, как инсульт, сердечнососудистые заболевания, рак легких и хронические или острые респираторные заболевания, включая астму.

В 2019 г. 99 % мирового населения проживало в промышленных городах, в которых уровень загрязнения воздуха превышал значения, установленные в рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха.

Совокупное воздействие загрязнения окружающего воздуха и воздуха внутри жилых помещений является фактором преждевременной смерти 6,7 млн человек в год [1].

Согласно оценкам, в 2019 г. загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) стало причиной преждевременной смерти 4,2 млн человек во всем мире.

Основными загрязняющими веществами, поступающими почти от всех предприятий, являются: пыль, оксид углерода, диоксид азота, сероводород, фенол, аммиак, формальдегид, бензол, толуол.

В 1 квартале 2024 года, российская экономика росла с опережением большинства прогнозов. По оценке Минэкономразвития, рост ВВП составил 5,4 % г/г, замедлившись в марте до 4,2 % г/г против 7,6 % г/г в феврале (на замедление роста в марте повлиял календарный фактор – дополнительный день в феврале из-за високосного года и меньшее число рабочих дней в марте, чем в марте 2023 г). [2] В лидерах роста – розничная и оптовая торговля, обрабатывающая промышленность. Соответственно мощности предприятий всех сфер наращиваются, как и количество выбросов от них.

Так одним из экономически развитых регионом РФ является Республика Татарстан. Республика Татарстан обладает значительным экономическим потенциалом и развитым человеческим капиталом. Конкурентными преимуществами Татарстана являются выгодное географическое положение, богатые природные ресурсы, высококвалифицированные трудовые ресурсы, мощный промышленный и научный комплекс, развитая транспортная инфраструктура.

В структуре экономики наибольший удельный вес, по оценке, занимает промышленность – 45,8 % (в том числе, добыча полезных ископаемых – 24,6 %, обрабатывающие производства – 19,1 %, обеспечение электрической энергией, газом, паром; кондиционирование воздуха – 1,7 %, водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по

ликвидации загрязнений – 0,4 %), сельское хозяйство – 3,9 %, строительство – 7,3 %, оптовая и розничная торговля – 10,6 %, транспортировка и хранение – 4,6 % (доля отраслей приведена на рис. 1). Республика Татарстан по объему валового регионального продукта и инвестиций в основной капитал занимает 6 место среди субъектов Российской Федерации, строительства – 2 место, промышленного производства и продукции сельского хозяйства – 5 место, обороту розничной торговли – 7 место.



Рисунок 1 – Распределение отраслей РТ в процентном соотношении

Ведущие отрасли промышленности рассматриваемого региона: нефтегазодобывающая, нефтехимическая (производство полиэтилена, труб и деталей трубопроводов из термопластов, синтетического каучука, автомобильных шин, кинофотоплёнки и магнитной ленты, азотных и фосфатных минеральных удобрений, продуктов неорганической химии; крупные предприятия – ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Нижнекамскшина», ПАО «Оргсинтез»), топливная (ПАО «Татнефть»), машиностроение и металлообработка (грузовые автомобили – ПАО «КамАЗ», суда, пассажирские лайнеры, вертолёты, авиамоторы, лазерное оборудование, оптические приборы, оборудование для нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, медицинские инструменты и др.).

Лёгкая промышленность (в т.ч. меховая, кожаная – АО «Мелита»; промышленно-торговое швейное объединение «Киёмнэр» (в переводе - одежда), промышленно-торговое обувное объединение «Спартак»), пищевая.

Заинская и Урусинская ГРЭС. Значительная часть электроэнергии поставляется в соседние республики (Башкирию, Чувашию, Марий Эл).

Главные промышленные центры – города: Казань, Набережные Челны, Зеленодольск, Нижнекамск, Альметьевск, Чистополь, Бугульма, Елабуга, Менделеевск, ОАЭ Алабуга. Каждый из промышленных городов РТ подвергается антропогенному воздействию. Предприятия своевременно проводят процесс реконструкции, для соответствия современному экологическому законодательству, однако по наблюдениям, данные мероприятия не всегда справляются с поставленными задачами [8].

В ходе функционирования предприятия, образуются различные виды отходов: жидкие, твердые, газообразные. На каждом производстве существуют методы очистки образовавшихся отходов, так, для жидких предусмотрены различные системы очистки сточных вод, для газообразных активные (газоочистные установки) и пассивные (учет загрязнения при проектировке с учетом способности окружающей среды к самоочистке) методы очистки, для твердых захоронение, утилизация (сжигание на установках) и вторичный оборот. Однако стоит отметить, что в каждом процессе очистки и/или обращения с отходами происходит вторичное загрязнение газообразными выбросами.

Для контроля выбросов в каждую среду применяется мониторинг. Мониторинг применяется тогда, когда возникает необходимость отслеживания процесса реализации какого-либо плана, проекта, развития каких-либо событий, явлений. Получение своевременной информации о ходе протекания какого-либо процесса позволяет лучше понять его суть, а если возникают отклонения, оперативно внести коррективы. Так же мониторинг проводят в городской среде с целью контроля качества жизни населения.

Так, например, Нижнекамске пункты наблюдений зафиксировали превышение ПДК по аммиаку. В городе работают три пункта - на пересечении проспектов Химиков и Строителей, на улице Лесной, на проспекте Химиков в 36 микрорайоне. Максимальная концентрация была зафиксирована 26 августа в 19 часов. На пересечении проспектов Химиков и Строителей 26 августа концентрация аммиака составила 0,34 мг/м³. На улице Лесной – 0,72 мг/м³ вместо допустимых 0,2 мг/м³, сообщается на сайте управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РТ [7].

Таблица 1 - Концентрации загрязняющих веществ в г. Нижнекамск при нормальных метеорологических условиях

Код	Смесь	Концентрация	ПДКс.с. мг/м ³	ОБУВ	Доли ПДК
2908	Пыль, мг/м ³	0,109	0,1	-	1,09
337	Оксид углерода, мг/м ³	0,3	3,0	-	0,1
301	Диоксид азота, мг/м ³	0,122	0,1	-	1,22
333	Сероводород, мг/м ³	0,001	0,002	-	0,5
2048	Фенол, мг/м ³	0,006		0,005	-
303	Аммиак, мг/м ³	0,07	0,1	-	0,7
1325	Формальдегид, мг/м ³	0,006	0,01	-	0,6
906	Тетрахлорметан, мг/м ³	0,02	0,04	-	0,5
602	Бензол, мг/м ³	0,009	0,06	-	0,15
621	Толуол, мг/м ³	0	0,4	-	0,00
915	Хлорбензол, мг/м ³	0	0,06	-	0,00
627	Этилбензол, мг/м ³	0	0,04	-	0,00
639	Ксилол, мг/м ³	0	0,3	-	0,00
1401	Ацетон, мг/м ³	0,01	0,35	-	0,03

Неорганические вещества, благодаря простой химической структуре, ионным связям и стабильности, легко удаляются стандартными методами, такими как фильтрация, осаждение или нейтрализация, которые эффективно переводят их в твердую фазу. В отличие от них, летучие органические соединения (ЛОС) обладают низкой полярностью, высокой летучестью и сложным молекулярным строением, что затрудняет их конденсацию или адсорбцию. ЛОС часто остаются в газообразной фазе даже при низких концентрациях, требуя энергоемких технологий (каталитическое окисление, угольная адсорбция). Кроме того, разнообразие ЛОС по химическим свойствам делает универсальные методы очистки малоэффективными, а их высокая токсичность диктует необходимость глубокой деструкции, увеличивая затраты. Таким образом, очистка ЛОС остается технологически и экономически более сложной задачей по сравнению с неорганическими веществами [3-4].

Так, для очистки при небольших концентрациях загрязнителей перспективна биологическая очистка газовых выбросов. Биофильтры эффективны для очистки ЛОС благодаря способности микроорганизмов разлагать их на безопасные соединения (CO_2 , H_2O) без энергозатратных процессов. Они экономичны, адаптивны к разнообразию веществ и экологичны, решая проблемы глубокой деструкции токсинов. Комбинация с другими методами повышает эффективность, что делает биофильтры ключевым инструментом в борьбе с летучими загрязнителями.

По массе основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух в г. Нижнекамске, являются: диоксид серы – 20,2 тыс т/год, оксиды азота (диоксид и оксид азота) – 15,4 тыс т/год, оксид углерода – 11,3 тыс т/год, смесь предельных углеводородов C1-C5, C6-C10, C12-C19 суммарно – 15,2 тыс т/год.

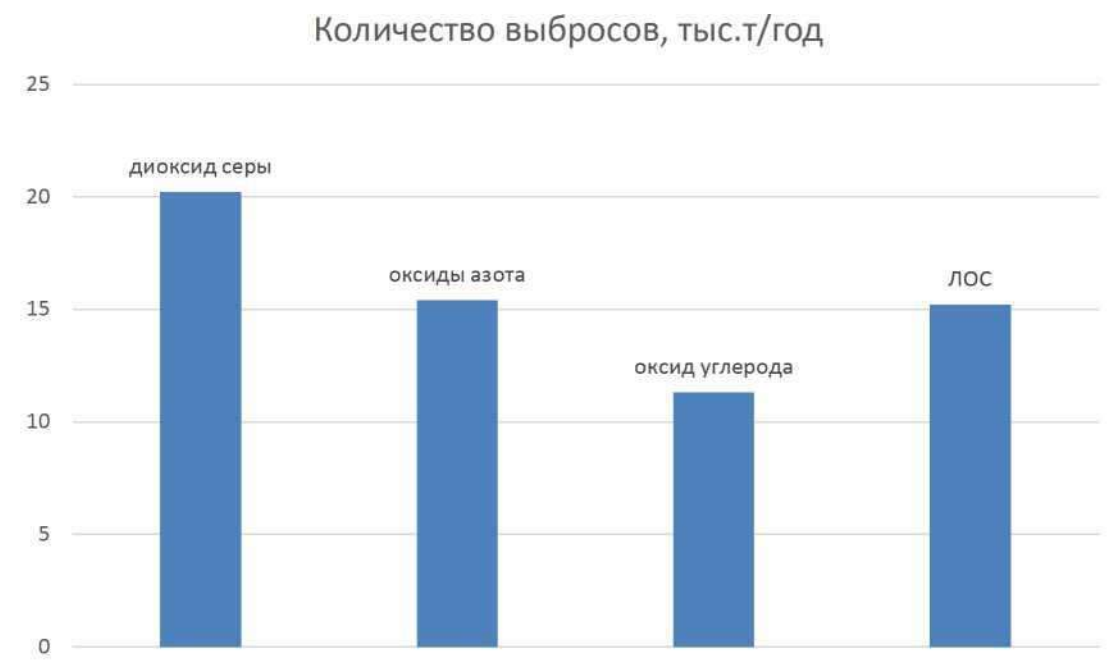


Рисунок 2 – Количество выбросов по массе выброшенных в атмосферный воздух в г. Нижнекамск (тыс т/год)

Многие из этих веществ отходят от участков очистки промышленных выбросов и сбросов, таких как станции очистки сточных вод, канализационные насосные станции (КНС), газоочистное оборудование и т.д.

Первая разновидность соединений при этом классифицируется на: насыщенные – метан, алканы, парафины; ненасыщенные с кратными связями – олифиновые углеводороды, ацетиленовые, диеновые.

Насыщенные соединения метановой группы являются основной частью нефти и нефтепродуктов, а также природных горючих газов.

Карбоциклические углеводороды, в свою очередь, подразделяются на: алициклические; ароматические.

Последний вид соединений также может присутствовать в нефти. Однако вещества этой группы редко преобладают в ее составе над другими углеводородами. Также все углеводороды классифицируются на: предельные (C_2-C_5), непредельные (C_1-C_{10}).

Некоторые виды C_2-C_5 и C_1-C_{10} способны оказывать на людей даже очень серьезное мутагенное влияние. Ввиду возможности возникновения таких последствий, на любом предприятии должны в точности соблюдаться нормативы в отношении ПДК в воздухе рабочей зоны. В первую очередь такие соединения наносят вред сердечно-сосудистой системе человека. Также при длительном нахождении в среде с повышенной концентрацией углеводородов у людей обычно меняются в худшую сторону показатели крови. Прежде всего, у пострадавших понижаются уровень гемоглобина и эритроцитов.

Также при превышении в воздухе ПДК углеводороды могут крайне негативно влиять и на печень людей. Помимо этого, такие соединения наносят значительный вред эндокринной системе. При длительном их воздействии у человека нарушается работа эндокринных желез. Кроме того, такие вещества оказывают крайне вредное воздействие на нервную систему и легкие.

В масштабах города углеводороды, помимо всего прочего, способны образовывать так называемый фотохимический смог. В процессе сложных превращений в атмосферном воздухе из соединений этого типа образуются крайне токсичные вещества. Это могут быть, к примеру, альдегиды или кетоны.

Сопутствующие таким площадкам негативные факторы, это дурнопахнущие выбросы, и превышение ПДК при аварийных или залповых сбросах.

Углеводороды являются одними из распространенных загрязняющих веществ, которые выбрасываются предприятиями. Данные выбросы в больших количествах могут образовываться на различных предприятиях: энергетического комплекса, химическое производство, нефтехимической и нефтегазовой отрасли.

В малых количествах данные загрязняющие вещества выполняют различные важные функции сигнального клеточного газотрансммиттера (или газового трансмиттера). Однако, при достижении высоких концентраций, превышающих нормативы ПДК, могут привести к изменению состояния здоровья населения и изменению качества жизни в ближайших населённых пунктах. Ввиду необходимости соблюдать санитарные нормы, как сточные

воды, так и технический воздух подвергаются очистке.

Как было отмечено ранее, для относительно низких концентраций загрязнителей применима биологическая очистка газовых выбросов.

Преимущества:

- биологические фильтры имеют простое аппаратное оформление;
- низкие энергозатраты;
- биология и экология микроорганизмов сложны и изменчивы, что позволяет им приспосабливаться к различным условиям.

Эти характеристики придают процессу надежность. Другими словами, процесс способен поддерживать свою производительность или быстро возвращаться к исходному уровню после периода отсутствия потока, интенсивного использования, токсических воздействий, обратной промывки среды (процессы высокоскоростной биофильтрации) и т.д.

Недостатки:

- сложность управления процессом;
- недостаточная изученность процесса;
- невозможность точного мониторинга процесса.

Поскольку фильтрация и рост биомассы приводят к накоплению веществ в фильтрующей среде, этот тип процесса с фиксированной пленкой подвержен биозагрязнению и перенаправлению потока. В зависимости от типа применения и среды, используемой для роста микроорганизмов, биозагрязнение можно контролировать с помощью физических и/или химических методов. Этапы обратной промывки могут быть реализованы с использованием воздуха и/или воды, чтобы разрушить биопленку и восстановить поток, когда это возможно. Также могут быть использованы химические вещества, такие как окислители (пероксид, озон) или биоциды.

Как было отмечено ранее, газо-воздушная смесь (ГВС) образуется на всех стадиях очистки. Примером применения биофильтров для очистки ГВС содержащих ЛОС в малых концентрациях можно назвать биологические очистные сооружения (БОС).

В процессе очистки сточных вод, образуется газо-воздушная смесь, загрязнённая различными углеводородами различной концентрации и иными загрязняющими веществами (ЗВ).

Согласно сведениям о работе очистных сооружений сточных вод от преаэраторов в атмосферный воздух могут поступать: бензол, толуол, этилбензол, стирол и углеводороды C_6-C_{10} [2].

Таблица 2 – Маркерные вещества (в частности ЛОС) для нефтеперерабатывающей отрасли и их концентрации [9]

Код	Наименование	ПДКм.р. мг/м ³	ПДКс.с. мг/м ³	ПДКс.г. мг/м ³
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,3	0,06	0,005
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,6	-	0,4
627	Этилбензол (Фенилэтан)	0,02	-	0,04
416	Смесь предельных углеводородов C ₆ H ₁₄ - C ₁₀ H ₂₂	50	5	-
2754	Алканы C ₁₂₋₁₉ (в пересчете на С)	1	-	-

Так как ведущим предприятием г.Нижнекамск является ПАО «Нижнекамскнефтехим», данная проблема может быть свойственна им как предприятию нефтехимического комплекса.

Исходя из вышеизложенного, прослеживается необходимость улучшения работы биофильтров, с применением их на ПАО «Нижнекамскнефтехим». Ввиду того, что компания СИБУР является одной из наиболее стремительно развивающихся компаний РФ, можно сделать предположение, что производственные мощности предприятия будут набирать обороты в последующие годы. Это говорит о том, что при плохом уровне очистки уже на данном этапе, в будущем у компании могут возникнуть проблемы в сфере соблюдения природоохранных нормативов. Следовательно, приведет либо к удорожанию работы производства, либо к необходимости ввода дополнительных очистных сооружений в эксплуатацию. Оба варианта предусматривают значительные экономические вложения, следовательно, на данное время целесообразно изучить возможность улучшения работы биофильтров.

Очистка воздуха на очистных сооружениях и КНС, как и промышленная фильтрация выбрасываемых загрязнений обеспечивают не только обеспечение достойных условий труда для людей, но и препятствует преждевременному износу металлических коммуникаций, газопроводов, воздухопроводов, насосов, компрессоров, вентиляторов.

Главный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносит промышленность, особенно крупные предприятия неорганической химии и нефтехимии загрязняют атмосферу самыми различными по составу газами, таких как диоксид серы, тетрафторид кремния, фтороводород, оксиды азота, хлор, озон, дурнопахнущие вещества, углеводороды и органические соединения других классов. Большинство предприятий используют собственные энергетические системы, отходящие газы которых содержат вредные газообразные и твердые примеси.

Так, один из наиболее эффективных способов очистки воздуха - фильтрация с применением биофильтров.

Применение биофильтров для удаления ЛОС, образующихся при очистке сточных вод предприятий нефтехимического комплекса, является одним из перспективных направлений в решении проблем улучшения качества

воздушной среды в промышленных городах.

При применении данного способа на очистных, учитывается в основном очистка от летучих углеводородов. Все такие вещества делятся в первую очередь на незамкнутые или ациклические и замкнутые (карбоциклические).

Таким образом, рассмотрев полученные данные, стоит отметить, что среди всех видов очистки газовых выбросов, биофильтрация является малоизученным, но перспективным направлением. Однако, не смотря на достоинства данного метода, существует ряд проблем, связанных с низкой управляемостью процесса, малой изученностью, отсутствием систем автоматизации и управления, что снижает степень практического использования биологической очистки газовых выбросов на предприятиях.

Таким образом, для решения данных проблем необходимы дополнительные исследования в этой области.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health#:~:text=Совокупное%20воздействие%20загрязнения%20окружающего%20воздуха,легких%20\(ХОБЛ\)%20и%20рак%20легких](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health#:~:text=Совокупное%20воздействие%20загрязнения%20окружающего%20воздуха,легких%20(ХОБЛ)%20и%20рак%20легких) (дата обращения 31.12.2024).
2. Экономика РФ - итоги 1 квартала 2024 г и пересмотр макропрогноза. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.finam.ru/publications/item/ekonomika-rossii-v-2024-godu-vyrastet-na-23-28-po-zamedlitsya-na-13-15-v-2025-om-20240502-1140/> (дата обращения 01.12.24).
3. Экспериментальные исследования биохимической очистки газов в рабочей зоне перекрытых очистных сооружений сточных вод [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/nZeksperimentalnye-issledovaniya-biohimicheskoy-ochistki-gazov-v-rabochey-zone-perekrytyh-ochistnyh-sooruzheniy-stochnyh-vod/viewer> (дата обращения 01.12.24).
4. Основные проблемы и пути решения комплексной очистки газовых выбросов больших объемов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-problemy-i-puti-resheniya-kompleksnoy-ochistki-gazovyh-vybrosov-bolshih-obemov/viewer> (дата обращения 31.12.2024).
5. ПДК углеводородов: химические факторы производственной среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fb.ru/article/464047/pdk-uglevodorodov-himicheskie-factoryi-proizvodstvennoy-sredyi> (дата обращения 31.12.2024).
6. БИОПЛЕНКИ: Основные принципы организации и методы исследования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F1250326711/posobie._Bioplenki._Mardanov.A.M.Kabanov.D.A..Sharipova.M.R.pdf (дата обращения 31.12.2024).
7. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнекамск. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhejsredyi/monitoring-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduxa-v-gorode-nizhnekamsk.html> (дата обращения 01.02.24).
8. Республика Татарстан. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mojgorod.ru/r_tatarstan7/index.html (дата обращения 31.12.2024).
9. Управление экологической безопасности в нефтеперерабатывающей промышленности (на примере ООО «РН-Туапсинский НПЗ»). Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_65f0a2e576a3456f942e9fb6463e9a56.pdf (дата обращения 31.12.2024).

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ ПРИ СОЗДАНИИ ЗАМКНУТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ

Петряшова С. С., Доронкина И. Г.

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса» г. Москва, Россия

Основная цель статьи – изучить существующие методы управления горно-промышленными отходами, проанализировать возможность построения замкнутых производственных циклов, оценить перспективы развития технологий рециклинга отходов и предложить рекомендации по улучшению ситуации в этой области.

Для достижения поставленной цели были использованы такие методы:

- анализ научной литературы и публикаций по теме исследования;
- изучение опыта управления отходами на предприятиях горнодобывающей промышленности;
- оценка эффективности существующих методов управления отходами;
- разработка предложений по улучшению системы управления отходами.

Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области горного дела, экологии, управления отходами и всех, кто интересуется проблемами устойчивого развития и рационального использования природных ресурсов. Внедрение предложенных рекомендаций позволит снизить негативное воздействие горнодобывающей отрасли на окружающую среду, сократить объёмы отходов и создать более устойчивую систему производства.

Горно-промышленные отходы представляют собой серьёзную проблему для окружающей среды и экономики. Они образуются в результате добычи и переработки полезных ископаемых и могут включать в себя различные виды отходов, такие как отвалы пустой породы, хвосты обогащения, сточные воды и другие. Эти отходы могут быть источником загрязнения воздуха, воды и почвы, а также занимать большие площади земли [1]. Для решения этой проблемы необходимо разработать эффективные методы управления горно-промышленными отходами. Одним из таких методов является построение замкнутых производственных циклов. Построение замкнутых производственных циклов предполагает использование отходов в качестве сырья для производства новых продуктов или энергии. Это позволяет снизить количество отходов, отправляемых на свалки или полигоны, и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Существует несколько способов построения замкнутых производственных циклов:

- рециклинг – этот метод предполагает переработку отходов для получения новых материалов или изделий (например, из отработанных шин можно получить резиновую крошку, которая используется для изготовления покрытий для спортивных площадок и тротуаров; из пластиковых бутылок можно сделать новые бутылки или синтетические волокна для одежды) [2];
- использование отходов в качестве топлива. Отходы, содержащие горючие вещества, могут быть использованы в качестве альтернативного источника

энергии (например, отходы деревообработки могут быть переработаны в пеллеты, которые используются для отопления домов и промышленных предприятий; отходы сельского хозяйства могут быть превращены в биогаз, который используется для выработки электроэнергии и тепла) [3];

– восстановление земель. Отвалы пустой породы и хвостохранилища могут быть рекультивированы и использованы для создания зелёных зон, парков и других объектов инфраструктуры. Это не только улучшает внешний вид территории, но и способствует улучшению качества жизни людей [4];

– создание новых производств. Горно-промышленные предприятия могут создавать новые производства, основанные на использовании отходов (например, металлургические заводы могут производить строительные материалы из шлаков и зол; химические предприятия могут получать новые продукты из отходов нефтепереработки) [5];

– сотрудничество с другими предприятиями. Горно-промышленные компании могут сотрудничать с предприятиями других отраслей для совместного использования отходов (например, они могут продавать отходы предприятиям, занимающимся рециклингом, или использовать их в качестве сырья для своих производств) [6].

Построение замкнутых производственных циклов требует инвестиций в технологии и оборудование, а также изменения подходов к управлению отходами. Однако эти инвестиции окупаются за счёт снижения экологических рисков, повышения эффективности производства и создания новых рабочих мест.

В настоящее время существуют определённые трудности и препятствия, связанные с построением замкнутых производственных циклов в горнодобывающей отрасли. К ним относятся:

1. Отсутствие законодательной базы. Отсутствуют законы и нормативные акты, регулирующие управление горно-промышленными отходами и построение замкнутых производственных циклов. Это затрудняет внедрение этих практик на предприятиях.

2. Недостаток финансирования. Построение замкнутых производственных циклов требует значительных инвестиций в технологии, оборудование и обучение персонала. Не все предприятия имеют достаточные финансовые ресурсы для реализации этих проектов.

3. Сопротивление со стороны общественности. Некоторые люди могут выступать против строительства новых предприятий или использования отходов в качестве сырья. Это может затруднить реализацию проектов по построению замкнутых производственных циклов.

4. Технические сложности. Построение замкнутых производственных циклов может потребовать разработки новых технологий и оборудования, что может быть сложным и дорогостоящим процессом.

5. Экологические риски. Построение замкнутых производственных циклов должно осуществляться с учётом экологических требований и стандартов. Необходимо проводить оценку воздействия на окружающую среду и принимать меры по минимизации негативных последствий.

Несмотря на эти трудности, существует потенциал для развития и

внедрения практики построения замкнутых производственных циклов в горнодобывающую отрасль [7, 8]. Для этого необходимо:

- разработать и внедрить законодательную базу, регулирующую управление горно-промышленными отходами и построение замкнутых производственных циклов;

- привлекать инвестиции в проекты по построению замкнутых производственных циклов, используя государственные программы поддержки, гранты и кредиты;

- проводить информационную работу с общественностью, объясняя преимущества и необходимость построения замкнутых производственных циклов для окружающей среды, экономики и общества;

- сотрудничать с научными и образовательными учреждениями для разработки и внедрения новых технологий и методов управления отходами.

- осуществлять мониторинг и контроль за соблюдением экологических стандартов и требований при построении замкнутых производственных циклов.

Таким образом, управление горно-промышленными отходами и построение замкнутых производственных циклов являются важными задачами для горнодобывающей отрасли. Эти меры позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить эффективность производства и создать новые возможности для развития экономики.

Однако для успешного внедрения этих практик необходимо преодолеть существующие трудности и препятствия. Это требует совместных усилий государства, бизнеса и общества.

Список литературы

1. Воздействие горно-перерабатывающей отрасли на экосферу / И.Д. Алборов, О.Г. Бурдзиева, Ф.Г. Тедеева [и др.] // Современные научно-технические и социально гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сб. докл. III Всеросс. (национальной) научно-практ. конф. с межд. участием, Владикавказ, 24-26 мая 2021 года. Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), 2021. С. 75-81.

2. Шубов Л.Я. Ненавязчивые советы по наболевшей проблеме / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Твердые бытовые отходы. 2014. № 7(97). С. 15-19.

3. Использование техногенных минеральных образований: современное состояние, выявленные тенденции / М.Н. Игнатьева, В.В. Юрак, В.Е. Стровский и др. // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28, № 8. С. 60-66.

4. Аленичев В.М., Аленичев М.В. Инновационная направленность ресурсосбережения при разработке россыпных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 5-1. С. 35-45.

5. Шубов Л.Я., Скобелев К.Д., Доронкина И.Г. Критерии ресурсо- и энергоэффективности при переработке техногенного сырья и оценка его качества (на примере горно-металлургической отрасли) // Экология промышленного производства. 2020. № 4(112). С. 15-22.

6. Создание экотехнопарков – рациональный путь к развитию отрасли комплексной переработки отходов и использования вторичных ресурсов / Д.О. Скобелев, В.А. Марьев, Г.Г. Потапов и др. // Экология промышленного производства. 2018. № 2(102). С. 7-21.

7. Отходы горно-металлургической отрасли: систематизация технологических решений экологических задач. Часть I / Д.О. Скобелев, В.А. Марьев, Л.Я. Шубов [и др.] // Экологические системы и приборы. 2018. № 12. С. 29-37.

8. Отходы горно-металлургической отрасли: систематизация технологических решений экологических задач (часть II) / Д.О. Скобелев, В.А. Марьев, Л.Я. Шубов [и др.] // Экологические системы и приборы. 2019. № 1. С. 12-37.

РАЗРАБОТКА АППАРАТОВ ЖИДКОСТНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Садыков Р. Х., Стаценко В. Н.

Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет,
п. Аякс, о. Русский, Владивосток, Россия

Интенсификация сварочных процессов, применение новых легированных материалов в сварных конструкциях и новых методов сварки и термической резки приводит к появлению в зоне дыхания сварщиков большого количества вредных веществ. В связи с этим необходима разработка и внедрение эффективных методов борьбы с выделяющимися вредными веществами, их надёжной локализации путём создания местных портативных нейтрализующих устройств, встроенных в технологическое оборудование.

Вредные газообразные вещества, попадая в организм, вызывают тяжелые поражения всего организма. К наиболее вредным газам, выделяющимся при сварочных технологиях, относятся:

- окись углерода (угарный газ) – при концентрации свыше 1 % приводит к раздражению дыхательных путей, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и поражение нервной системы;

- двуокись углерода (углекислый газ) – обладает удушающим действием, особо опасен в закрытых и плохо вентилируемых помещениях.

- окислы азота (особенно двуокись азота), вызывающие заболевания легких и органов кровообращения, по воздействию на человеческий организм окислы азота значительно более опасны, чем окись углерода, окислы азота участвуют в фотохимической реакции образования смога;

В состав токсичных газов входят также сернистый ангидрид SO_2 . Он является бесцветным газом с острым запахом, хорошо растворим в воде, образует сернистую кислоту. При концентрации SO_2 более 0,04 % отравление происходит через 3 мин., при 0,01 % – через 1 мин.

Выпускные газы транспортных энергетических установок (автомобилей, тепловозов, судовых энергетических установок) также содержат кроме твёрдых частиц несгоревшего топлива аналогичные вредные газообразные продукты сгорания. Особенно актуальна система очистки выпускных газов для подземного рудничного автотранспорта.

Из применяемых методов жидкостной нейтрализации наибольшую степень извлечения токсичных газов имеет химическая абсорбция, а наибольшее распространение, как наиболее простой, дешёвый и доступный имеет физическая абсорбция, абсорбентом в которой используется обычная пресная вода [1-6].

Жидкостные плёночные массообменные аппараты широко используются в химической технологии в качестве абсорберов газообразных сред в жидкость, нисходящее движение которой организуется внутри вертикальных труб или на плоской вертикальной поверхности [7-9]. Такие аппараты возможно использовать и для очистки уходящих газов, выделяемых, например, при

сжигании органического топлива или при проведении различных технологических операций, связанных с выбросами значительного количества токсичных газов и аэрозолей [10, 12].

Для описания процессов тепло- и массообмена обычно используются критериальные уравнения [13]. Каждое из них применимо для определенных условий организации рабочего процесса, конструктивных особенностей аппаратов и т.д.

Цель настоящей статьи – исследовать и обобщить в критериальной форме интенсивность снижения концентрации окиси и двуокиси углерода, а также оксидов серы и азота в установке жидкостной пленочной нейтрализации, абсорбирующей средой является вода. Для реализации этой цели разработаны методики экспериментов и методология их проведения, разработана методика их критериальной обработки и получены численные значения критериальных зависимостей.

Методика исследований

В нашей работе для очистки воздуха от газовых выбросов и аэрозолей предлагается использование жидкостного пленочного нейтрализатора [7, 10, 14]. Эта установка представляет собой закрытый корпус с вертикально установленными пластинами, в верхней части которых закреплены пленкообразующие устройства, с их помощью жидкость растекается по обеим сторонам пластин в виде пленки. Загрязненный газ поступает в корпус снизу через входной патрубок и движется вверх между пластинами. Благодаря большой площади контакта пленка жидкости как абсорбент интенсивно поглощает газообразные и твердые загрязняющие вещества и, стекая вниз по пластинам, удаляется из корпуса нейтрализатора. Жидкость после очистки и нейтрализации может подаваться на пленкообразующие устройства для повторного использования. Нейтрализаторы такого типа обладают существенным достоинством – низким гидравлическим сопротивлением, малым брызго- и влагоуносом, что является важным фактором для создания портативных устройств очистки газов.

Для изучения рабочих процессов, происходящих в жидкостном пленочном нейтрализаторе, проведены исследования на экспериментальном стенде, основным элементом которого являлись латунные пластины длиной 1100 и 600 мм [14]. Они жестко закреплены в корпусе с патрубками входа загрязненного и выхода очищенного воздуха. Подача воды на латунную пластину осуществляется через пленкообразующее устройство, пленка воды движется вниз по поверхности рабочей пластины, очищаемый воздух движется вверх, при их контакте происходят процессы абсорбции газов в пленку жидкости. Для измерения скорости воздуха и расхода пленки жидкости используются поплавковые расходомеры (ротаметры) типа МВС.

Концентрация двуокиси углерода CO_2 определяется с помощью интерферометра ШИ-10, оксидов углерода CO и серы SO_2 с помощью переносного многокомпонентного газоанализатора МАГ-6П, оксидов азота NO и NO_2 с помощью переносного многокомпонентного газоанализатора OPTIMA 7.

Основной задачей исследований является определение зависимости изменения концентрации различных газов по длине рабочей пластины. В настоящей работе в качестве газового загрязнения воздуха использовались окись углерода CO с начальной концентрацией 40-80 мг/м³, двуокись углерода CO_2 с начальной концентрацией 30-90 г/м³, оксид серы с начальной концентрацией 0,2-0,3 г/м³, оксиды азота NO и NO_2 с начальной концентрацией 10-50 мг/м³. Результаты измерений концентрации этих газов в воздухе по длине контакта с пленкой при разных скоростях воздуха и расходах воды представлены на рис. 1-3.

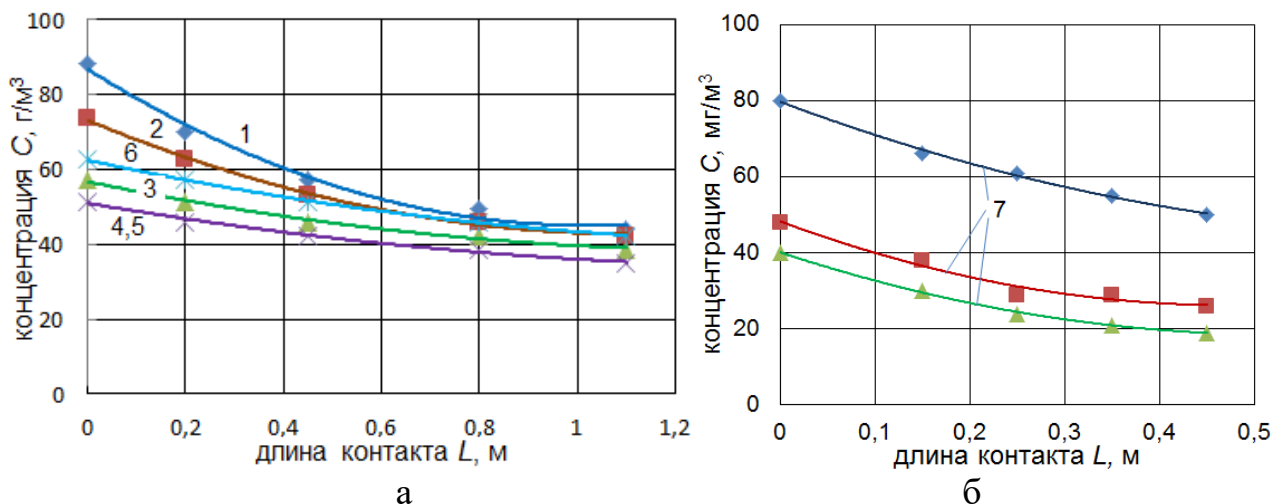


Рисунок 1 – Изменение концентрации CO_2 (а) и CO (б) по длине контакта;

$V_{\text{воз}} = 4,2 \text{ м/с}$: 1 – $\Gamma_v = 1,1 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 – $2,3 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;
 $V_{\text{воз}} = 6,5 \text{ м/с}$: 3 – $\Gamma_v = 0,76 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; 4 – $0,46 \times 10^{-4}$; 5 – $0,28 \times 10^{-4}$;
 6 – $V_{\text{воз}} = 4 \text{ м/с}$; $\Gamma_v = 0,46 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; 7 – $V_{\text{воз}} = 1 \text{ м/с}$, $\Gamma_v = 3 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

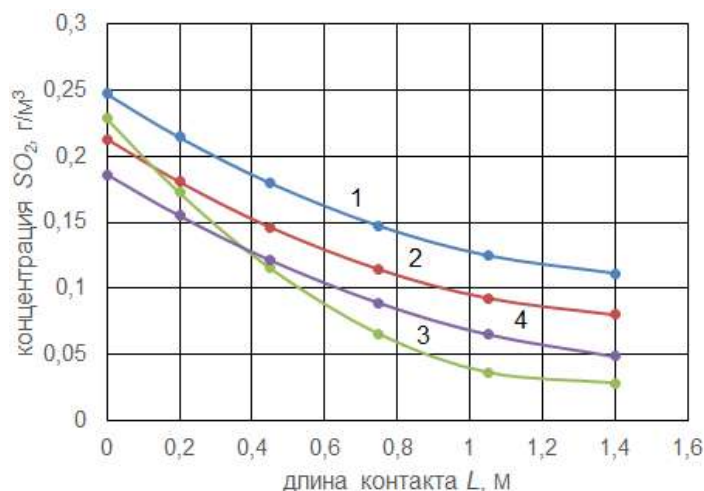


Рисунок 2 – Изменение концентрации SO_2 по длине контакта;

$V_{\text{воз}} = 3,17 \text{ м/с}$: 1 – $\Gamma_v = 1,7 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; 2 – $1,3 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;
 3 – $\Gamma_v = 0,63 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; 4 – $0,75 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

В качестве характеристик процесса абсорбции используются скорость движения воздуха в канале экспериментального стенда $V_{\text{воз}}$ и орошение рабочей пластины пленкой воды

$$\Gamma_v = G_v / \Pi, \text{ м}^2/\text{с}$$

где G_v – объемный расход пленки, м³/с; Π – смоченный периметр, м.

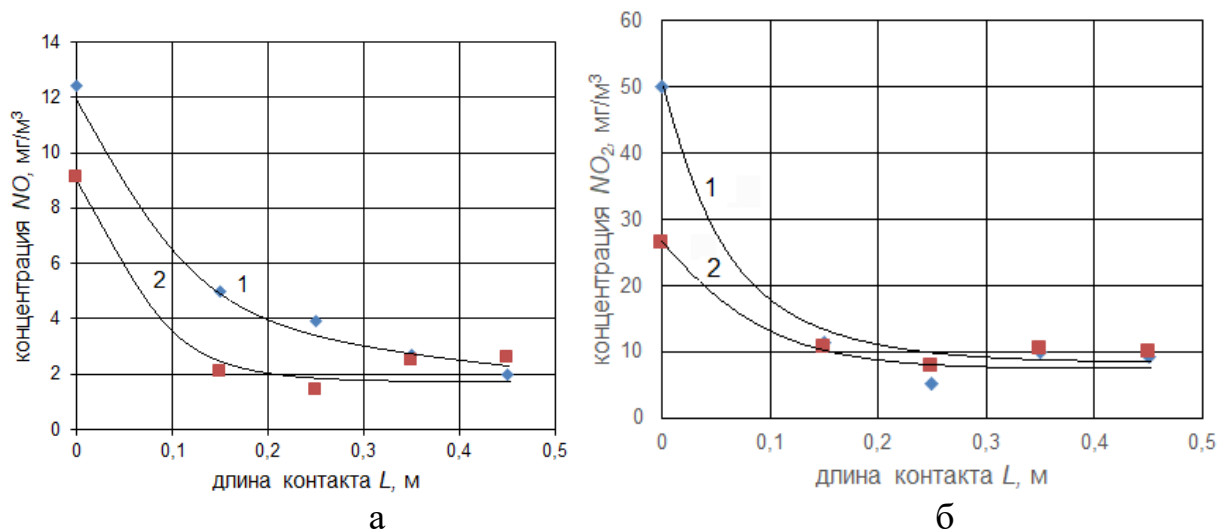


Рисунок 3 – Изменение концентрации NO (а) и NO₂ (б) по длине контакта;
 $V_{\text{воз}} = 1 \text{ м/с}; \Gamma_v = 2,8 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

Результаты исследования

При исследованиях абсорбции получены следующие результаты.

1. Зависимость снижения концентрации газа по длине рабочей пластины имеет экспоненциальный характер. Наиболее значительное изменение концентрации происходит на начальном рабочем участке.

2. Интенсивность изменения концентрации газа по длине значительно зависит от начальной его концентрации. Чем выше начальная концентрация, тем значительней ее изменение.

3. При использовании воды в качестве абсорбирующей среды оптимальная скорость воздуха составляет $V_{\text{воз}} = 0,8\text{--}1 \text{ м/с}$, оптимальное значение орошения составляет $\Gamma_v = (3,0\text{--}3,8) \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

4. Концентрацию окиси и двуокиси углерода возможно снизить на 30-45 %, а концентрацию окиси серы – в 1,5-2 раза на длине контакта 0,6-1 м.

5. Расход жидкости слабо влияет на интенсивность абсорбции. Так, в диапазоне изменения критерия $Re_{\text{пл}} = 28\text{--}76$ (кривые 3, 4, 5, рис. 1, а) изменение концентраций отличается незначительно.

Обобщение результатов исследований абсорбции газов в пленку жидкости произведено в системе безразмерных критериев с учетом размерных параметров пленочного течения жидкости, представленного в [14]

$$Sh = A Re_c^m \cdot Re_{nl}^n \cdot Sc^p \cdot \left(\delta / L \right)^k. \quad (1)$$

Здесь $Sh = \beta \cdot \delta / \rho \cdot D$ – число Шервуда; $\beta = g_z / \Delta C$ – коэффициент массоотдачи, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$; $g_z = G_{a\delta} / S_{a\delta}$ – удельный поток абсорбированного газа, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; $G_{a\delta}$ – поток абсорбированного газа, $\text{кг}/\text{с}$; $S_{a\delta} = \Pi \cdot \Delta L$ – площадь абсорбции, м^2 ; Π – смоченный периметр, м ; ΔL – участок канала, м ; ΔC – концентрационный напор (движущая сила абсорбции), $\text{кг}/\text{кг}$; ρ – плотность среды, $\text{кг}/\text{м}^3$; δ – толщина пленки, м ; L – длина контакта, м ; $Sc = v_{nl} / D$ – число Шмидта; D – коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

В качестве характеристик процесса абсорбции используются критерии Re_Γ (газовый) и $Re_{пл}$ (пленочный)

$$Re_\Gamma = V_{воз} \cdot d_{эКВ} / \nu_\Gamma, \quad (2)$$

$$Re_{пл} = \Gamma_v / \nu_{пл}, \quad (3)$$

где $d_{эКВ} = \sqrt{4S/\pi}$ – эквивалентный диаметр, м; S – площадь сечения рабочего канала, м²; $\Gamma_v = G_v / \Pi$ – орошение пластины, м²/с; G_v – объемный расход пленки, м³/с; Π – смоченный периметр, м; ν_Γ , $\nu_{пл}$ – кинематические вязкости воздуха и пленки, м²/с.

В расчетах критериев Re_Γ , $Re_{пл}$ и Sc использованы экспериментальные и справочные данные. Для окиси и двуокиси углерода коэффициенты кинематической вязкости и диффузии выбирались для пленки воды, для окиси серы – для воздушной среды.

Критериальные уравнения, описывающие результаты абсорбции двуокиси углерода CO_2 в пленке пресной воды в широком диапазоне изменения критериев Re_Γ , $Re_{пл}$, имеет вид:

– для локальных значений на каждом участке рабочего канала

$$Sh = 2,6 Re_z^{0,5} \cdot Re_{пл}^{0,13} \cdot Sc^{0,28} \cdot (\delta/L)^{0,86} \quad (4)$$

– для средних значений массоотдачи на участках рабочего канала разной длины

$$Sh = 5,1 Re_z^{0,45} \cdot Re_{пл}^{0,11} \cdot Sc^{0,25} \cdot (\delta/L)^{0,76} \quad (5)$$

Наши экспериментальные данные обобщаются этими уравнениями с погрешностью $\pm 15\%$.

Критериальные уравнения по абсорбции окиси углерода CO и окиси серы SO_2 в пленке пресной воды для локальных значений на каждом участке рабочего канала имеют вид:

– для окиси углерода CO (с погрешностью $\pm 20\%$)

$$Sh = 2,9 Re_z^{0,5} \cdot Re_{пл}^{0,12} \cdot Sc^{0,27} \cdot (\delta/L)^{0,83} \quad (6)$$

– для окиси серы SO_2 (с погрешностью $\pm 25\%$)

$$Sh = 3,7 Re_z^{0,34} \cdot Re_{пл}^{0,1} \cdot Sc^{0,2} \cdot (\delta/L)^{0,57} \quad (7)$$

Заключение

Полученные критериальные зависимости позволяют рассчитать значения коэффициентов массоотдачи и поток абсорбции газа в пленку жидкости по длине контакта и, соответственно, габаритные характеристики жидкостных пленочных массообменных аппаратов в широком диапазоне изменения концентраций газа, расходов жидкости и скорости движения загрязненного воздуха или газа.

В результате анализа процесса абсорбции окиси- и двуокиси углерода, в пленочном жидкостном аппарате можно сделать вывод, что при использовании воды в качестве абсорбирующей среды оптимальная скорость движения газов составляет $V_{воз} = 0,8-1$ м/с, оптимальное значение орошения составляет $\Gamma_v = (3,0-3,8) \times 10^{-4}$ м²/с, при этом концентрация газов CO и CO_2 снижается на 30–45 %,

SO₂ – в 1,5-2 раза.

Этот метод может использоваться для очистки технологических выбросов, а также выпускных газов от различных энергетических установок, в которых обычно также содержатся токсичные газообразные компоненты.

Список литературы

1. Седнин В.А., Игнатович Р.С. Анализ эффективности технологий извлечения диоксида углерода из продуктов сгорания. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2022. №65(6). С. 524-538.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов / 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия. 1976. 655 с.
3. Пименова Т.Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода / М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 208 с.
4. Очистка технологических газов / под ред. Т.А.Семеновой. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия. 1977. 488 с.
5. Старкова А.В., Махоткин А.Ф., Балыбердин А.С. и др. Механизм и кинетика хемосорбции углекислого газа водным раствором карбоната натрия. Вестник Казанского технологического университета. 2011. С.76-81.
6. Yu, C.-H. A Review of CO₂ Capture by Absorption and Adsorption / C.-H. Yu, C.-H. Huang, C.-S. Tan // Aerosol Air Qual. Res. 2012. Vol. 12. Iss. 5. pp. 745-769.
7. Бабак В.Н. Массообмен в орошаемых плоскопараллельных каналах при прямоточном ламинарном движении жидкости и газа / Теоретические основы химической технологии. 2019. Т. 53, № 6. С. 634–646. <https://doi.org/10.1134/S0040357119050014>.
8. Babak V.N. Two-phase mass exchange in irrigated tubular packing for the concurrent laminar phase flow // Theor. Found. Chem. Eng. 2015. V. 49. № 5. p. 636.
9. Генералов М.Б., Александров В.П., Алексеев В.В. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. 2004. 832 с.
10. Бернавская М.В., Стаценко В.Н. Комплексное решение проблемы экологической безопасности автономных гидротехнических сооружений. Дистанционные методы, технические средства и алгоритмы в прикладных задачах исследования природных сред. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск). 2014. № 12. С. 3-12.
11. Вострикова М.А. Анализ эффективности работы систем очистки дымовых газов морских судов от примесей при использовании абсорберов и скрубберов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 66-69.
12. Гришагин В.М. Сварочный аэрозоль: образование, исследование, локализация, применение: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2011. 213 с. Режим доступа: https://www.studmed.ru/grishagin-vm-svarochnyy-aerosol-obrazovanie-issledovanie-lokalizaciya-primenenie_9e661d944ec.html (дата обращения 1.04.2025)
13. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат. 1979. 416 с.
14. Стаценко В.Н., Гридасов А.В., Садыков Р.Х. Исследование жидкостной пленочной нейтрализации сварочных газовых выбросов. Вопросы современной науки и практики. Вестник Университета им.В.И.Вернадского. № 1(91). 2024. С. 25-34.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛНТОПИСЕЙ ПРИРОДЫ ООПТ, КАК КОМПОНЕНТА ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Саченок Д. А.

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
г. Москва, Россия.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт труда», г. Москва, Россия.

Россия насчитывает на своей территории 12,3 тысяч особо охраняемых природных территорий, а их площадь суммарно составляет более 244 миллионов гектаров на 2023 год [1]. ООПТ разделяются на федеральные, ООПТ местного значения и ООПТ общего значения, а также на категории:

- природные парки;
- государственные природные заказники;
- памятники природы;
- дендрологические парки и ботанические сады.

На ряд ООПТ оказывается антропогенное воздействие, не смотря на расстояние до ближайших промышленных объектов в десятки километров. Такое воздействие оказывается посредством воздушных масс и водных течений, что не всегда учитывается и регулируется в вопросах взаимодействия ООПТ и представителей промышленности.

Мониторинговые системы в регионах воздействия на ООПТ не показывают полной достоверности об антропогенных факторах в связи с использованием преимущественно классических количественных измерений [2]. Значимым решением в данных обстоятельствах будет использование природного потенциала экосистем и архивных материалов наблюдений, дающих представление о происходящих процессах на длительных промежутках времени.

Однако использование еще и количественной оценки не позволит до конца раскрыть весь потенциал систем мониторинга, основывающихся на ООПТ [3]. Значимым трендом сейчас становятся цифровые платформы, позволяющие загружать и оперировать сотнями количественных и качественных данных о состоянии окружающей среды. Успешным примером подобных систем можно считать системы экологического мониторинга городов Москва и Челябинск, обладающих широким функционалом и обновлением данных в реальном времени. В случае взятия за основу подобной платформы и использования на ней архивных материалов ООПТ, возможно создание самой передовой и точной системы мониторинга территорий ООПТ в регионах антропогенного воздействия.

В целях перехода непосредственно к материалам для исследования, необходимо сначала разобрать ситуацию в области взаимодействия ООПТ и производственных процессов на территории РФ, таким образом, обосновывая значимость применения предлагаемых действий. Рассмотрим карту всех заповедных территорий России [4] на рис. 1.



Рисунок 1 – Карта территории РФ с ООПТ и границами охранных зон

На карте красным обозначены Особо Охраняемые Природные территории государственного значения, зеленым – регионального значения, коричневым – местного значения. Благодаря данной карте, возможно, оценить плотность заповедных территорий.

Если рассмотреть промышленное производство регионов РФ [5] (рис. 2) и наложить их на карту ООПТ, то можно сделать вывод, что города и промышленные объекты могут дислоцироваться на расстоянии, из-за которого наносится ущерб ООПТ.

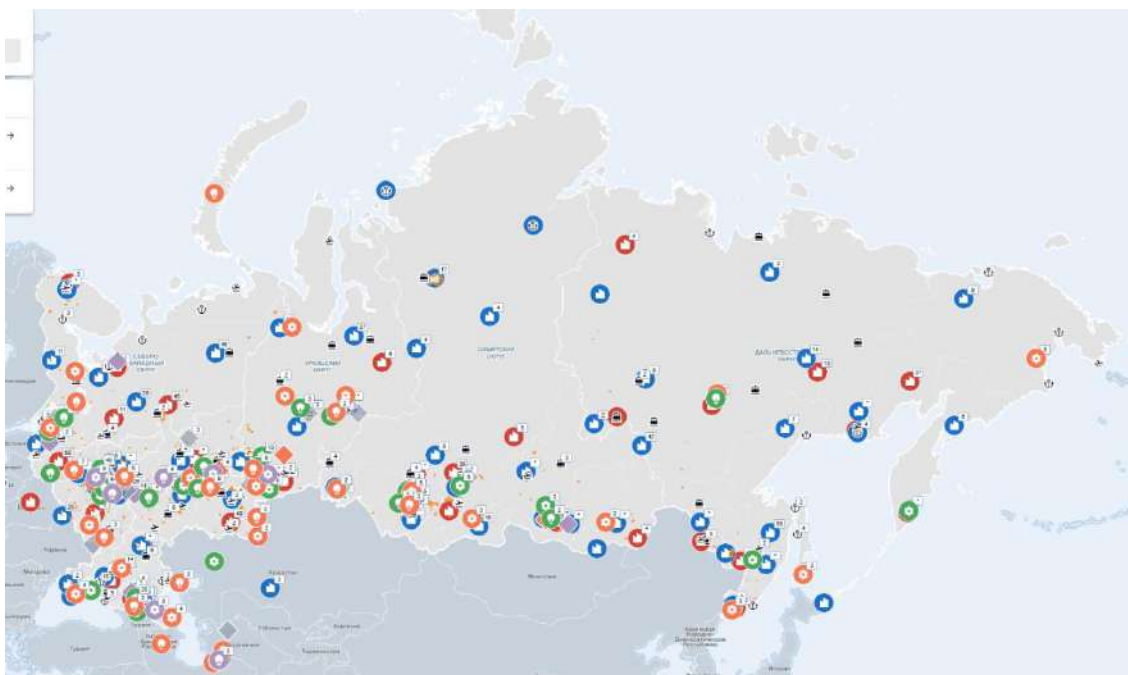


Рисунок 2 – Карта территории РФ с производственными мощностями

Обозначенные промышленные центры, как правило, обладают рядом мониторинговых систем, в ряде случаев имеются и платформы применяющие собираемые массивы данных в целях систематизации и анализа экологической обстановки. Эти массивы данных, как правило, затрагивают численные значения предельных концентраций и наблюдение за их изменениями без учета данных об ООПТ, располагающихся неподалеку. Приведем примеры таких ООПТ и антропогенного воздействия на них и занесем их в табл. 1.

Таблица 1 – Формы воздействия на ООПТ со стороны промышленных предприятий и расстояния между ними

Название ООПТ	Расстояние до ближайшего источника антропогенного воздействия, км	Отрасли промышленности, действующие на заповедник	Водные объекты вблизи территории ООПТ
Лапландский заповедник	9	Цветная металлургия	Озеро Мончеозеро.
Дарвинский заповедник	30	Черная и цветная металлургия, производство удобрений	Рыбинское водохранилище
Большой Арктический заповедник [6]	100	Химическая и нефтехимическая отрасли	Карское море, море Лаптевых
Кавказский заповедник [7]	10	Транспорт, туризм	Черное море
Саяно-Шушенский заповедник [8]	57	Электроэнергетика	Река Енисей

Как видно из таблицы, ущерб экосистемам заповедников может наноситься и при большой удаленности от производственных объектов. К примеру, крупный промышленный центр Иркутско-Черемховская промышленная зона, находится на большом удалении от Большого Арктического заповедника, однако объемы производства и пути поступления загрязняющих веществ через водные ресурсы и атмосферу, воздействуют на экосистемы ООПТ. Увеличение данных форм воздействия может привести к сокращению численности представителей флоры и фауны экосистем заповедника и их деградации.

Рядом с ООПТ Российской Федерации могут располагаться объекты добычи полезных ископаемых, переработки, сельского хозяйства, энергетики. В ряде случаев расстояние между промышленным объектом и заповедной территории может быть менее 5 километров.

Следует отметить, что качественные данные об экологической обстановке на территории ООПТ могут быть дополнением к уже существующим системам экологического мониторинга. Представленные данные можно получить в открытом доступе с сайтов заповедников [9, 10].

Применение архивных данных многократно доказало свою эффективность

в самых разных областях науки, особенно в тех, которые затрагивают важность длительных наблюдений за состояниями каких-либо процессов. Мониторинг заповедных территорий тоже можно поставить в ряд процессов, где польза архивных материалов будет незаменима.

Как правило, у подавляющего большинства ООПТ Российской Федерации имеются архивы данных с наблюдениями о состоянии экосистем за длительные сроки. У ряда заповедников в распоряжении имеются такие документы, как Летописи Природы, наиболее полно отражающие всю информацию о представленной территории и перспективах ее экосистем. Представленные архивные материалы позволяют сделать ряд выводов о качественном состоянии наблюдаемой территории, что является очень ценной информацией [11].

Разберем какие данные можно найти в летописях природы и какие из них могут пригодиться в вопросах экологического мониторинга и дополнения эффективности цифровых платформ в табл. 2.

Таблица 2 – Разделы летописи природы ООПТ и их применение в целях совершенствования мониторинговых систем

Раздел данных	Содержимое раздела	Возможность применения в системах мониторинга
1. Общие сведения о заповеднике	Название, местоположение, площадь, границы заповедника, рельеф, климат, гидрография, почвы.	Архивные данные для проверки состояния почвы, климата, водных ресурсов
2. Флора и растительность	Список видов растений, включая редкие и исчезающие. сроки цветения, плодоношения, листопада. Изменения в растительном покрове под влиянием природных и антропогенных факторов.	Непосредственное отслеживание антропогенного воздействия на растительность заповедника
3. Фауна и животный мир	Список видов животных, включая редкие и охраняемые. Данные о численности и распределении видов. Наблюдения за миграциями, размножением, поведением животных.	Контроль численности животных. Обнаружение связей между сокращением численности и внешними процессами.
4. Экосистемы и их динамика	Описание основных экосистем заповедника. Изменения в экосистемах под влиянием климата, пожаров, наводнений и других факторов.	Наблюдение за развитием состояния экосистем заповедника, соотношение этих параметров с промышленным производством поблизости
5. Климатические данные	Температура, осадки, влажность, ветер и другие метеорологические параметры.	Возможность изучения длительных наблюдений за

Продолжение таблицы 2

	Аномальные погодные явления. Влияние климата на экосистемы и биоразнообразие.	климатом на территории ООПТ. Обнаружение изменений и ее связи с внешними факторами.
6. Гидрологические наблюдения	Состояние водоемов, химический состав воды. Изменения в гидрологическом режиме.	Соотношение наблюдений с производствами, затрагивающими водные ресурсы близлежащих водных объектов
7. Научные исследования	Данные о проводимых научных исследованиях на территории заповедника. Результаты экспериментов, наблюдений, инвентаризаций. Публикации и отчеты, основанные на материалах летописи.	Опора на предыдущие исследования на территории ООПТ, при проведении мониторинга и научных изысканий.
8. Календарь природы	Сезонные изменения в природе: весеннее пробуждение, летний расцвет, осенний листопад, зимний покой. Фенологические явления: прилет птиц, цветение растений, появление грибов.	Соотношение календарей природы разных периодов с текущим, выявления аномальных отклонений.

Имея в своем распоряжении данные из представленной таблицы, возможно усовершенствовать любую систему экологического мониторинга, основанную только на принципах получения количественных данных в формате предельно допустимых выбросов и сбросов.

Как говорилось ранее в представленной статье, снятие мониторинговых показателей с объектов экосистем заповедных территорий не является полной, без учета качественных факторов. Основная причина этого заключается в расчетах загрязняющих величин только при воздействии на организм человека, но при этом игнорируется диапазон воздействия на представителей флоры и фауны.

Рассмотрим в качестве реального примера две заповедные территории, на которые оказывается воздействие со стороны промышленных производств. Особо следует подчеркнуть наличиеу этих ООПТ летописей природы, содержащих в себе данные о длительном наблюдении за состоянием окружающей среды. Рассматриваться будут Лапландский (рис. 3) и Дарвинский (рис. 4) заповедники в связи с их схожими условиями расположения, а именно наличием промышленных предприятий в городах, находящихся неподалеку от них.



Рисунок 3 – Территория Лапландского заповедника

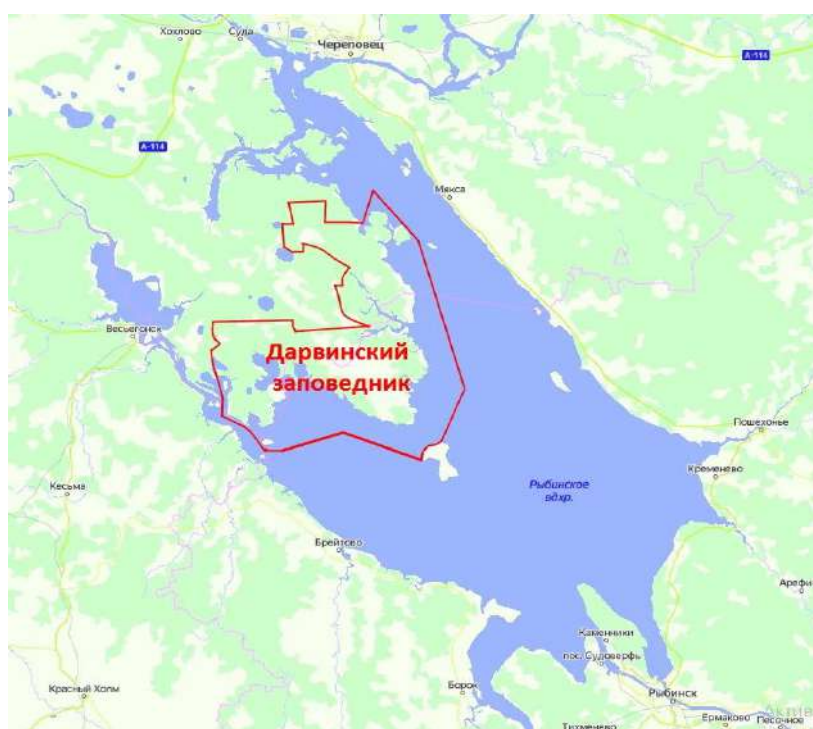


Рисунок 4 – Территория Дарвинского заповедника

Ввиду наличия промышленных предприятий в зоне воздействия через атмосферу, атмосферные осадки и компоненты водной среды, оба заповедника находятся в прямом контакте с антропогенными факторами. Длительность ведения летописей природы у Дарвинского заповедника составляет более 70-ти лет, у Лапландского заповедника более 60-ти лет, что является одними из самых длительных наблюдений за ООПТ в нашей стране. В этой связи сразу же следует вывод о том, что оценивать состояние экосистем заповедников можно на очень длинном промежутке времени.

При оценке качества состояния окружающей среды отдельно следует прибегнуть к возможности сравнения архивных данных и данных о промышленном развитии близлежащих территорий. В таком случае, при рассмотрении примеров Лапландского и Дарвинского заповедников, стоит соотнести изменения параметров экосистем в летописях природы и введение в строй новых производственных мощностей у местных промышленных предприятий. Такой подход позволит выявить следующую зависимость:

- 1) Время деградации каких-либо параметров экосистем заповедника.
- 2) Время внедрения нового оборудования у промышленных предприятий или время внедрения более совершенных процессов очистки выбросов и сбросов.
- 3) Выявление взаимосвязи между пунктами 1 и 2.
- 4) Изучение антропогенного воздействия на экосистему и принятие мер по улучшению экологической обстановки или оценка эффективности

Подобные алгоритмы по выявлению взаимосвязи между данными качественного состояния экосистем и данными о производственных процессах и выбросах в окружающую среду являются основным преимуществом при внедрении в мониторинговые платформы информации из летописей природы заповедников.

Выводы

В материале статьи разбирался вопрос совершенствования систем экологического мониторинга при помощи нового решения, позволяющего просчитывать антропогенное воздействие на широких временных интервалах.

Основным преимуществом применения летописей природы ООПТ являются множества способов их применения в интересах, как производственных предприятий, так и в интересах ученых и государственных структур. Особо следует отметить простой способ получения данных о качественном состоянии экосистем, находящихся под антропогенным воздействием, в связи с наличием архивных материалов в открытом доступе.

В случае применения информации из летописей природы, как компонента экологических мониторинговых систем последует аналитическая работа по выявлению закономерностей взаимодействия между промышленным производством и заповедными территориями, которая в свою очередь приведет к росту эффективности взаимодействия человека и природы.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году».
2. Юсуфов В.М. Дербентский музей-заповедник как важный инструмент для сохранения культурного наследия Дербента // ББК 26.891 К-78. 2024. С. 111.
3. Зайцев А.А. Научно-практические перспективы государственных природных заповедников в системе природопользования России // АТПС. 2017. № 3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-prakticheskie-perspektivy-gosudarstvennyh-prirodnih-zapovednikov-v-sisteme-prirodopolzovaniya-rossii> (дата обращения: 16.03.2025).
4. Карта заповедников России Онлайн-центра заповедных компетенций. Режим доступа: <https://xn--80aa2azak.xn--g1agk6a.xn--pai/>.

5. Онлайн карта промышленных центров России. Режим доступа: <https://productcenter.ru/map>.
6. Летописи природы заповедников Таймыра. Режим доступа: <http://zapovedsever.ru/other/letopis-prirody>.
7. Буйолов Ю.А. Историография летописи природы // Труды Мордовского государственного природного заповедника им.П.Г.Смидовича. 2021. № 28. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriografiya-letopisi-prirody> (дата обращения: 16.03.2025).
8. Летопись природы Саяно-Шушенского заповедника. Режим доступа: <https://sayanzapoved.ru/letopis-prirody-sajano-shushenskogo-zapovednika>.
9. Архив летописей природы Лапландского заповедника [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://laplandzap.ru/chronicle-of-nature>.
10. Архив летописей природы Дарвинского заповедника [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.xn--80aeesagfxyn.xn--p1ai/biblioteka/letopis-prirody/>.
11. Безруков Н.А., Сурков Т.С. К вопросу о проблеме исчезновения редких видов и роль заповедников в их сохранении. Современные исследования начинающих ученых и студентов. Вып. 2(7). 2024.
12. Калашник Н.И., Трубникова О.А. Актуальные вопросы организации туризма на территориях государственных природных заповедников // Российско-азиатский правовой журнал. 2024. №. 1. С. 27-31.
13. Шарифуллина К.А. Популяризация охраны водно-болотных угодий ООПТ «Полистовский государственный заповедник» // ГлаголЪ правосудия. 2024. №. 2(36). С. 23-26.
14. Albuquerque R.W., Matsumoto M.H., Calmon M. and other. A protocol for canopy cover monitoring on forest restoration projects using low-cost drones. Open Geosciences. 14(1). 2022. 921-929. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0406>.
15. Gomez-Gras D., Linares C., Lopez-Sanz A. and other. Population collapse of habitat-forming species in the Mediterranean: a long-term study of gorgonian populations affected by recurrent marine heatwaves. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 288:20212384. 2021. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2384>.
16. Hassman R.L., McCabe I.M.H., Smith K.M. and other. Stochastic Models of Zoonotic Avian Influenza with Multiple Hosts, Environmental Transmission, and Migration in the Natural Reservoir. Bull Math Biol 87, 14. 2025. <https://doi.org/10.1007/s11538-024-01396-9>.

ПРОБЛЕМЫ И БАРЬЕРЫ ПРИ СОЗДАНИИ ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Сметанин С. А.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», г. Иваново, Россия

Создание природно-промышленных комплексов (ППК) и эко-индустриальных парков – актуальная задача, сопряженная с проблемами и барьерами, требующими комплексных решений. ППК важны для устойчивого развития, объединяя природные ресурсы и промышленность.

Основные проблемы создания ППК: экологическая обремененность из-за загрязнения, технические барьеры, связанные с финансовыми вложениями и адаптацией инфраструктуры, нехватка инвестиций и социальное сопротивление населения.

Для успешного функционирования ППК необходим комплексный подход, учитывающий технические, финансовые, социальные и экологические факторы. Важно наличие квалифицированных кадров в областях экологии, инженерии и управления, а также тесное взаимодействие образовательных учреждений и предприятий. Интегрированный подход к планированию, основанный на анализе проблем и барьеров, позволит создать эффективные модели взаимодействия промышленности и природы, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду и улучшая качество жизни.

Экологические аспекты при создании комплексов

Современные природно-промышленные комплексы сталкиваются с проблемами загрязнения, недостаточного контроля производства и утилизации отходов, а также дефицита инвестиций для экологически эффективных технологий. Лесная промышленность испытывает экологические трудности из-за вырубki лесов, загрязнения водоемов и ухудшения биоразнообразия. Интенсивная вырубka приводит к деградации экосистем и нарушению экологического равновесия [1].

Недостаток усилий по выявлению и устранению рисков экологических катастроф, вызванных человеческой халатностью и устаревшими технологиями (особенно в секторах минералов и энергетики), приводит к инцидентам с катастрофическими последствиями для экосистем, таким как разливы нефти и аварии на трубопроводах [2].

Государственное регулирование играет важную роль в обеспечении устойчивости экосистем и безопасности природно-промышленных комплексов. Эффективные меры по охране окружающей среды, требующие совместных усилий бизнеса и государства, необходимы для полного соответствия стандартам и достижения комплексного подхода к решению экологических проблем [3].

Природно-промышленные комплексы сталкиваются с задачами повышения эффективности использования природных ресурсов и снижения экологической нагрузки, где устойчивое развитие является ключевым

критерием. Устранение экологических барьеров требует комплексного подхода, учитывающего экономические, научные и социальные факторы. Инвестиции в инновации, улучшение утилизации и контроль за окружающей средой повысят устойчивость комплексов. Экосистемное регулирование важно для борьбы с негативными эффектами на всех уровнях производства.

Экономические барьеры при внедрении новых технологий

Создание природно-промышленных комплексов сдерживается экономическими барьерами. Значительные первоначальные инвестиции в инновационное оборудование и технологии отпугивают инвесторов из-за высоких затрат и отсутствия гарантий возврата инвестиций. Это особенно актуально в условиях ограниченного бюджета и экономической неопределенности.

Еще одной проблемой является нехватка квалифицированных кадров. Внедрение современных технологий требует людей с соответствующими навыками и знаниями. Однако на рынке труда часто наблюдается нехватка таких специалистов. Организации сталкиваются с трудностями в подборе грамотных работников, что затрудняет не только реализацию проектов, но и их нормативное обслуживание [4]. Этот аспект является критически важным в условиях стремительно меняющегося технологического ландшафта.

Бюрократия является серьезным препятствием для создания экопарков. Длительное получение разрешений, лицензий и согласований увеличивает сроки реализации проектов, вызывает стресс у девелоперов, а непрозрачность процедур – недовольство инвесторов [5]. В результате, на фоне высоких ожиданий относительно создания экопарков наблюдается реальная нехватка проактивных действий со стороны государственных структур.

Нерегулярные инвестиции, экономическая нестабильность и ограниченная поддержка властей препятствуют созданию природно-промышленных комплексов из-за сложностей с долгосрочным планированием и реализации проектов.

Для преодоления этих барьеров необходимо:

1. Развивать партнерства между частным и государственным секторами для объединения усилий и ресурсов.
2. Адаптировать и улучшать финансовые инструменты для поддержки инвестиционных проектов.
3. Повышать осведомленность населения и бизнеса о важности устойчивого развития для формирования спроса на экологически чистые продукты и услуги.

Устойчивое развитие природно-промышленных комплексов возможно только при комплексном подходе к финансированию, квалификации специалистов, упрощению бюрократии и активной роли государства.

Социальные факторы сопротивления

Создание природно-промышленных комплексов сталкивается с социальным сопротивлением из-за опасений населения по поводу изменения образа жизни, экологии и доступности ресурсов. Недостаток экологического

просвещения порождает недоверие к проектам, даже если они направлены на улучшение экологической ситуации. Отсутствие разъяснений о пользе и потенциальные риски вызывают протесты и затрудняют согласование. Необдуманные действия и упрощение процесса усугубляют недовольство и препятствуют достижению консенсуса с местным населением.

Взаимодействие с обществом – важная преграда. Необходимо не только информировать, но и вовлекать граждан в принятие решений, создавая сообщества для обсуждения и предложений. Открытый диалог, социальные связи и совместная ответственность повышают принятие проектов на местах [6].

Успешная реализация природно-промышленных комплексов требует обеспечения доступности для всех групп населения, включая людей с ограниченными возможностями, для социальной справедливости и снижения сопротивления. Важную роль играет формирование экологической культуры, особенно среди молодежи, через образовательные программы, что может привести к увеличению сторонников экологического образа жизни. Гражданская активность, поддержка участия населения и формирование активных гражданских позиций также являются решающими факторами, способствующими жизнеспособности проектов и развитию чувства ответственности перед природой.

Глобальные примеры успешных практик

Создание природно-промышленных комплексов (ППК) сталкивается со сложностями, требующими анализа примеров реализации в России и других странах. Проект «Восток Ойл» от «Роснефти» (инвестиции >10 трлн рублей) демонстрирует взаимодействие добычи нефти, развития инфраструктуры и создания рабочих мест в Красноярском крае. Другой важный пример – это Восточная газовая программа (с 2007 года) направлена на освоение газовых ресурсов в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (более 52 трлн кубометров). Проект «Ямал СПГ» (инвестиции 1 трлн рублей) подчеркивает важность международного сотрудничества в строительстве завода по сжижению газа и морского порта, влияя на логистику и энергетическую безопасность. Эти примеры иллюстрируют интеграцию природных ресурсов и производственных процессов, а также взаимодействие бизнеса и государства [7].

Вывод

Создание эффективных и экологически устойчивых природно-промышленных комплексов требует системного подхода, интеграции технологий и учета местных условий для экономического развития, сохранения природы и создания рабочих мест.

Анализ выявил проблемы и барьеры, с которыми сталкиваются разработчики и инвесторы, включая экологические, экономические, технические и социальные факторы, влияющие на успех проектов интеграции природных и промышленных ресурсов. Экологические аспекты критически важны при создании природно-промышленных комплексов из-за глобальных экологических проблем. Необходимо устойчивое использование ресурсов, минимизация воздействия на среду и соблюдение экологических норм для

предотвращения катастрофических последствий. Экономические барьеры, такие как нестабильность, конкуренция и ограниченность ресурсов, затрудняют внедрение экологически чистых технологий. Требуются механизмы поддержки инвестиций, включая льготы и субсидии. Технические препятствия включают недостаток знаний, навыков и инфраструктуры. Необходимо развивать образовательные программы и обмен опытом. Социальное сопротивление из-за недоверия и недостаточной вовлеченности местных сообществ может затруднить реализацию проектов. Важна активная работа с населением, информирование о преимуществах и участие в планировании.

В заключение, можно сказать, что успешное создание природно-промышленных комплексов требует комплексного решения, учитывающего экологические, экономические, технические и социальные аспекты. Рекомендации по повышению экологической устойчивости и оценке потенциала биотехносферы могут стать основой для дальнейших исследований и практических действий. Устойчивое развитие ресурсов – задача для всего общества, требующая совместных усилий.

Список литературы

1. Аушева А.М., Кодзоевой З.У. Экологические проблемы лесной промышленности // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2021. № 9-1. С. 22.
2. Погребняк Р.Г., Жуков Д.В., Погребняк О.Ю. Экологические аспекты функционирования промышленных территориально-производственных комплексов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2011. № 2. С. 25.
3. Субботина О.В. Пагубное воздействие промышленности на окружающую среду: чем обусловлено и как предотвратить // [Электронный ресурс]: Greenologia. Режим доступа: <https://greenologia.ru/eko-problemy/vozdjestvie-promyshlennosti.html> (дата обращения 20.03.2025).
4. Бобова М. Экотехнопарки: путь в чистое будущее или дорога в «производственный ад» // Промышленные страницы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://indpages.ru/eco/ekotehnoparki-vozmzhniyi-put-v-chistoe-budushhee/2023>. №3. (дата обращения 21.03.2025).
5. Яркова Н.Н. Какие барьеры стоят на пути реализации инвестиционных проектов в сфере экотуризма в Новосибирской области // Ksonline.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ksonline.ru/435233/kakie-barery-stoyat-na-puti-realizatsii-investitsionnyh-proektov-v-sfere-ekoturizma-v-novosibirskoj-oblasti/> (дата обращения 21.03.2025).
6. Мурзин А.Д. Экологический парк как инструмент обеспечения устойчивости городского пространства // Экономика и экология территориальных образований. 2019. № 4. С. 61.
7. Семенов С. 30 крупнейших инвестиционных проектов, реализуемых в России // [Электронный ресурс] Eurasianmagazine. Режим доступа: <https://eurasianmagazine.ru/ratings/30-krupneyshikh-investitsionnykh-proektov-realizuemyykh-v-rossii/> (дата обращения 21.03.2025).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

Сокол В. Р.¹, Логинова А. Г.¹, Хохлова Л. И.²

¹Студентки 2-го курса архитектурного факультета «Государственного Университета по Землеустройству»

²Кандидат технических наук, доцент кафедры строительства «Государственного университета по землеустройству» г. Москва, Россия

Производство цемента отвечает за 8 % мировых выбросов CO₂. Новые технологии, такие как метод электролиза, обещают снизить этот показатель. Однако высокая стоимость и энергозатраты сдерживают их широкое внедрение, поэтому данная проблема является актуальной на данный момент.

Рецептура производства бетона многократно менялась и совершенствовалась. Настоящий расцвет бетон получил в середине 19 века, с появлением портландцемента, который является стандартом на сегодняшний день. В 20 веке разработали технологию производства железобетона, который расширил границы строительных возможностей [2].

Так как бетон состоит из песка, цемента, щебня и воды, он уже, сам по себе, является экологически чистым продуктом. Но производство современного бетона на стационарных предприятиях приводит к загрязнению окружающей среды. Стационарные бетонные предприятия работают на том же топливе, что и теплоэлектростанции. Они выбрасывают в атмосферу много дымовых газов, пепла и CO₂. Кроме того, в воздух попадает цементная пыль. Твердые частицы оседают, что приводит к загрязнению почвы и гибели растений и микроорганизмов. Таким же образом загрязняются водоемы. Люди, вынужденные жить рядом, дышат запыленным воздухом. В 2018 году Всемирная Организация Здравоохранения провела исследование о том, как загрязненный воздух влияет на здоровье детей. А также CO₂ в воздухе приводит к различным заболеваниям как у детей, так и у взрослых (бронхиальная астма, ухудшение функций легких, одышка и боль в груди) [5].

Так как в состав бетона входят исчерпаемые природные ресурсы – щебень, песок и вода, то они оказываются под угрозой из-за постоянной востребованности человеком. Для производства бетона подходит не любой песок, а только обкатанный водой, потому что такие песчинки лучше крепятся друг к другу. Человечество использует такой песок быстрее, чем природа может его восполнить, из-за чего возникает дефицит [6].

В жару бетонные города нагреваются гораздо быстрее сельских домов, где этот материал почти не используется. Таким образом разница температур между городом и расположенной рядом сельской местностью может достигать 5 °С. Для примера сравним температуру в Москве и Московской области в ночь с 10 на 11 февраля 2025 года. По данным [11] имеем:

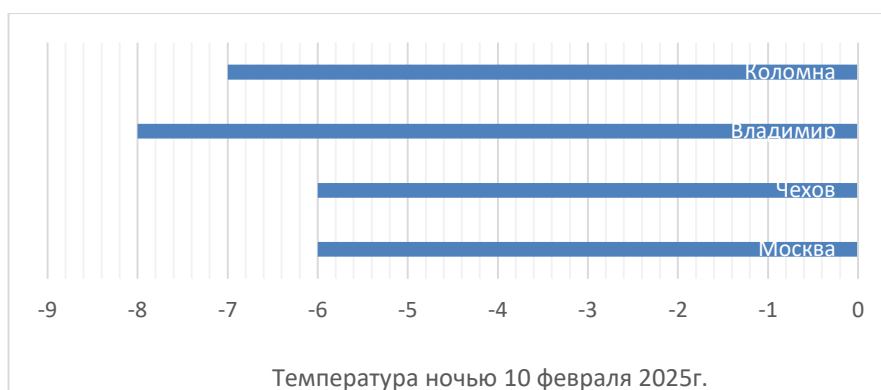


Рисунок 1 – График температур

Этот феномен называется «городской остров тепла». А в городах-миллионниках разница может быть еще больше. Это приводит к повышенному потреблению электричества для работы кондиционеров и вентиляторов, что провоцирует дополнительный выброс углекислого газа. Возникает «петля обратной связи»: увеличение температуры способствует еще большему росту температуры [7].

По данным на рис. 2 [10], производство цемента увеличивается с ростом темпов урбанизации. А, учитывая то, что на один килограмм произведенного цемента выбрасывается килограмм углекислого газа, существует угроза того, что скоро в год в атмосферу будут попадать дополнительные гигатонны газа, вызывающего парниковый эффект. Сейчас эту проблему пытаются решить очисткой газовых отходов, использованием альтернативного топлива и материалов или обогащением цемента углекислым газом.

Федеральный округ	2018	2019	2020	2021	2022
Дальневосточный федеральный округ	2 620,3	2 929,1	2 798,4	3 233,5	3 548,2
Приволжский федеральный округ	11 834,1	12 290,6	12 587,3	13 261,6	13 421,4
Северо-Западный федеральный округ	3 318,7	3 192,8	3 131,1	3 447,3	3 418,2
Северо-Кавказский федеральный округ	2 028,2	2 433,9	2 296,4	2 286,4	2 611,2
Сибирский федеральный округ	5 849,5	6 132,2	5 890,8	6 522,9	6 537,6
Уральский федеральный округ	5 356,7	5 815,1	5 897,5	6 050,6	6 057,2
Центральный федеральный округ	13 567,2	15 413,6	14 660,5	15 274,9	15 338,4
Южный федеральный округ	9 103,6	9 468,3	8 902,8	9 591,0	9 757,3
Россия	53 678,3	57 675,6	56 164,8	59 668,2	60 689,4

Рисунок 2 – Производство цемента по федеральным округам в России в 2018-2022 гг (тыс т).

Авторами [1, 3, 4] предложена технология производства цемента, которая способна устранить проблему углеродных выбросов. Она основана на использовании электролиза. Измельченный известняк растворяют в кислоте, из раствора на одном электроде выделяется углекислый газ, а на другом – выпадает в осадок гидроксид кальция (гашеная известь). На следующей стадии вещество перерабатывают в цемент [8].

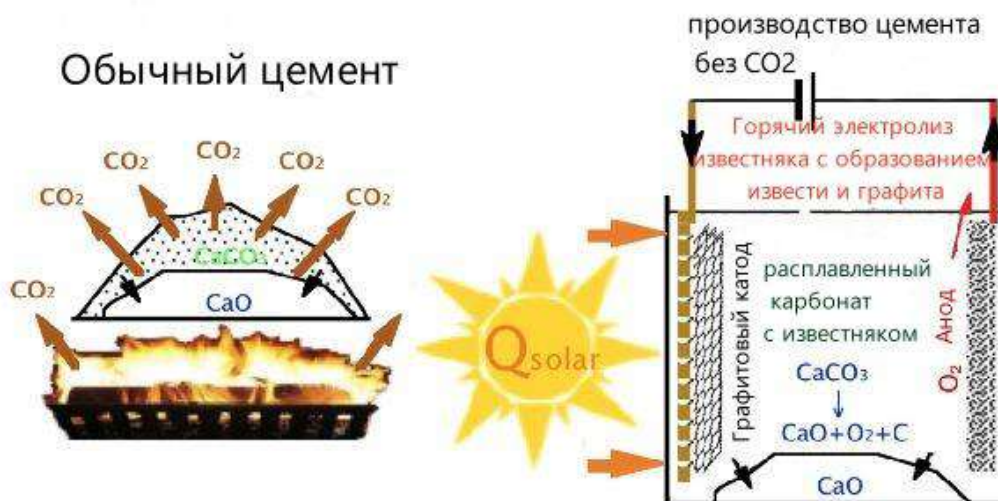


Рисунок 3 – Производство цемента температурным способом и методом электролиза

При обычном производстве цемента известняк нагревается до 1400°C путем сжигания ископаемого топлива для получения чистой извести. Но известняк на 50 % состоит из углекислого газа, и когда тепло печи выделяет этот CO_2 , его трудно уловить, поскольку он смешивается с дымовыми газами.

Новый подход к производству отличается от традиционных методов и основан на процессе электролиза. Вода расщепляется при близком к нейтральному pH, образуя водород и кислород. Одновременно, между двумя электродами создается градиент pH. Кальций, содержащий минерал, реагирует с кислотой, образующейся на аноде, и образует растворенные ионы кальция. Эти ионы перемещаются к катоду. Когда pH достигает значения 12,5 или выше, ионы кальция реагируют с основанием, образующимся на катоде, и выпадают в осадок в виде твердого гидроксида кальция, известного как строительная известь или гашеная известь [9].

Процесс гибок и может работать с различными исходными материалами, включая низкокачественный известняк. CO_2 выделяется в чистом холодном виде, предварительно сжатом до 10 бар и готовом для легкого захвата и хранения. Этот процесс позволяет извлекать чистый кальций из примесей, таких как кремнезем, магний, железо или алюминий, и превращать их в материалы более высокого качества. Все это осуществляется при комнатной температуре и не требует использования печей или электрического нагрева.

Авторами {Sublime} отмечено, что данному продукту присвоено обозначение ASTM C1157, что является отраслевым стандартом для качества цемента. Их цемент может использоваться в соответствии с основными строительными нормами. Переход к этому стандарту является ключевым моментом для развития безуглеродного цемента, и крупные производители уже вносят изменения в свои линейки продукции. Но большая часть отрасли до сих пор работает на основе стандартов, разработанных в 1940 и 1967 годах, которые требуют использования высокотемпературных процессов [9].

Компания рассчитывает, что технология станет зрелой, возможно, через 8-10 лет. Первый чистый цементный продукт компании может продаваться на

15-158 % дороже, чем ее «грязные» конкуренты. Этот проект начинался как модель исследовательской лаборатории Массачусетского технологического института, но с тех пор, как бизнесом занялась отдельная компания, он сильно расширился. Компания работает над демонстрационным заводом, мощность которого составит 25000 тонн цемента в год. Ввести его в эксплуатацию хотят к концу 2025 года, чтобы начать производство в 2026 году [9].

Способ производства цемента методом электролиза на данный момент является энергетически и финансово невыгодным, но именно этот метод является перспективным для будущего, если его усовершенствовать. Электролиз может предотвратить большое количество выбросов углекислого газа в атмосферу, благодаря чему окружающая среда больших городов с цементными заводами станет чище и безопаснее для его жителей.

Список литературы

1. Компания «Sublime»
2. Кочетов В.А. Римский бетон. М: Строй-издат, 1991. 111 с.
3. Профессор MIT Йет-Мин Чанга (Yet-Ming Chiang)
4. Proceedings of the National Academy of Sciences
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.msmanuals.com/ru-ru/professional> (дата обращения: 09.03.2025).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/ZNNi8uVehG0C0mWL> (дата обращения: 09.03.2025).
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.meteovesti.ru/news/63246738130-rochemu-v-krupnyh-gorodah-teplee> (дата обращения: 09.03.2025).
8. Электронный ресурс. URL: <https://nplus1.ru/news/2019/09/16/electrochemical-synthesis-of-cement> (дата обращения: 09.03.2025).
9. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://beton.ru/news/detail.php?ID=439662> (дата обращения: 09.03.2025).
10. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://clck.ru/3Gp79p> (дата обращения: 09.03.2025).
11. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/moscow/february-2025/> (дата обращения: 09.03.2025).
12. Морачевский А.Г., Фирсова Е.Г. Электрохимия расплавленных солей. М: учебное пособие для вузов, 2023. 176 с.
13. Коняев А.С. Электролиз и Элетролизеры. М: учебное пособие, 2022. 12 с.
14. Баженов Ю.М., Муртазаев Сайд-Альви.Ю., Сайдумов М.С. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М: Инфра-Инженерия, 2022. 480 с.

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ БАССЕЙНА РЕКИ УФА

Соколов Л. И.^{1,2}, Ишмухаметова Я. Г.¹

¹ФГБОУ ВО Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго
Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ), г. Москва, Россия

²НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия

Река Уфа Республики Башкортостан – главный и протяжённый приток реки Белая, входит в число рек, относящихся к Камскому бассейновому округу. Общая протяжённость реки Уфы составляет 969 километров. Площадь её водосбора составляет 52 500 км². На расстоянии 170 км от устья расположено Павловское водохранилище с полным объемом 1411 млн м³, площадью зеркала при нормальном подпорном уровне – 115,9 км², полезный – 952 млн м³, максимальный напор – 32,9 м. На качество воды Павловского водохранилища оказывают влияние организованные и неорганизованные стоки с рекреационных зон, с территории объектов нефтедобывающей промышленности и агропромышленного комплекса. Гидроузел водохранилища обеспечивает сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Уфа, аккумулируя до 16% расхода весеннего половодья. Река огибает территорию г. Уфы с восточной и юго-восточной стороны. В нижнем течении реки Уфа возникают проблемы, связанные с ухудшением качества воды под действием промышленно-хозяйственной деятельности: самоочищающая способность ослабевает, сокращается биоразнообразие. В настоящее время в России оценку антропогенной загрязнённости поверхностных вод проводят через расчет удельного комбинаторного индекса загрязнённости вод (УКИЗВ). За рубежом используется показатель – grey water footprint – объем чистой воды, необходимой для снижения, минимизации нейтрализации нагрузки на водные объекты загрязнителями на основе их природных фоновых концентраций и существующих стандартов качества воды [1-5]. Минимизацию нагрузки, а значит снижение концентраций загрязняющих веществ, можно провести путём разбавления свежей, чистой водой до значений фоновых концентраций веществ в реке, либо до допустимых нормативами значений. Не исключается при этом возможность снижения степени нагрузки за счёт смешения с водой собственно реки, а значит разбавления, за счёт других процессов, включающих самоочищающую способность реки.

Цель исследования: оценка антропогенной нагрузки на водные объекты г.Уфы для сохранения качества существующих водных объектов и снижения уровня их загрязнения.

Материалы и методы исследования

Для исследования использовались данные мониторинга качества поверхностных вод Республики Башкортостан, ежегодники качества поверхностных вод по территории деятельности ФГБУ «Башкирское УГМС» и

государственные доклады Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан. Основанием для оценки антропогенного воздействия от сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в реку Уфа и её притоки являются критерии безопасности (ПДК – предельно-допустимые концентрации, ТН – технологические нормативы, НДС – нормативы допустимых сбросов, ВРС – временно разрешенные сбросы), которые формируют условия для обеспечения необходимого технологического состояния локальных очистных сооружений предприятий и канализационных очистных сооружений города [6].

Для оценки антропогенного воздействия на водные объекты бассейна реки Уфа выполнили расчёты удельных комбинаторных индексов загрязнённости вод по РД 52.24.643-2002, что позволило установить класс загрязнённости реки (1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязнённая; 3-й класс – загрязнённая; 4-й класс – грязная; 5-й класс – экстремально грязная), обобщить информацию о химическом составе речной воды, а также представить реальные результаты комплексной оценки степени её антропогенной загрязнённости при специфически полном наборе анализируемых показателей. В расчётах применяли рыбохозяйственные ПДК_{рх} (Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельнодопустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552). УКИЗВ рассчитывали для каждого притока реки Уфы и собственно в целом для реки с использованием для всех показателей в качестве пороговых значения ПДК. Контролировались 16 показателей качества вод реки и её притоков, среди них: аммоний ион, БПК₅, взвешенные вещества, железо, марганец, медь, нефтепродукты, никель, нитраты, нитриты, сульфаты, фенолы, фосфаты, ХПК, хлориды, цинк. Методика исследования была построена на сравнении уровней антропогенных воздействий на водные объекты бассейна реки Уфа в 2017 и в 2022 годах [8].

Результаты и их обсуждение

По результатам исследований установлены значительные превышения ПДК_{рх} по БПК₅, фенолам, меди, нефтепродуктам, марганцу в контрольных створах рек Шугуровка, Юрюзань, Уфа (рис.1).

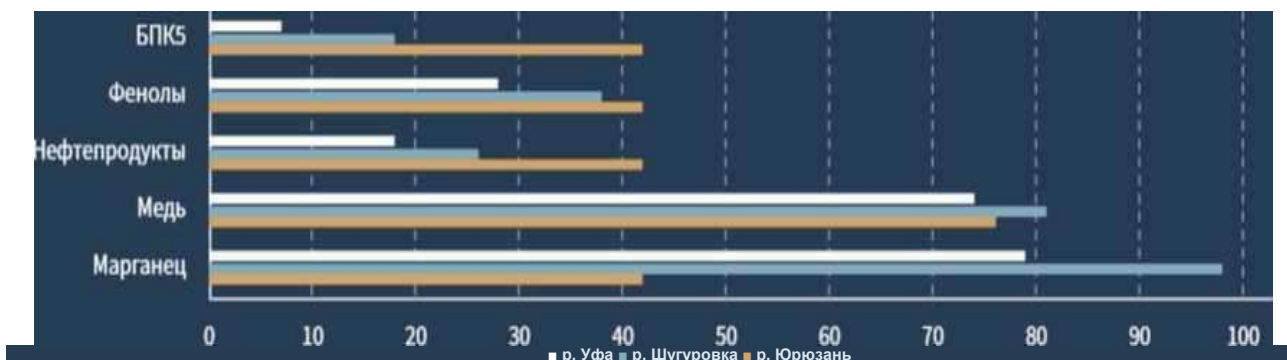


Рисунок 1 – Значения превышений ПДК_{рх} в водных объектах, %

Анализ полученных результатов показал, что исследуемые воды р. Уфы, её притока р. Шугуровка, а также р. Белой относятся к классу «Грязная 4А» (табл. 1, табл. 2). В таблице 2 представлены значения УКИЗВ, полученные с использованием ПДК и пороговых значений показателей загрязняющих веществ и рассчитанные для 2017 года [7] в сравнении с 2022 годом. Для всех исследованных водотоков УКИЗВ, рассчитанные с использованием ПДК, имеют критические показатели загрязненности. На карте представлены критические точки загрязнений с УКИЗВ в красных квадратах (см. рис. 2).

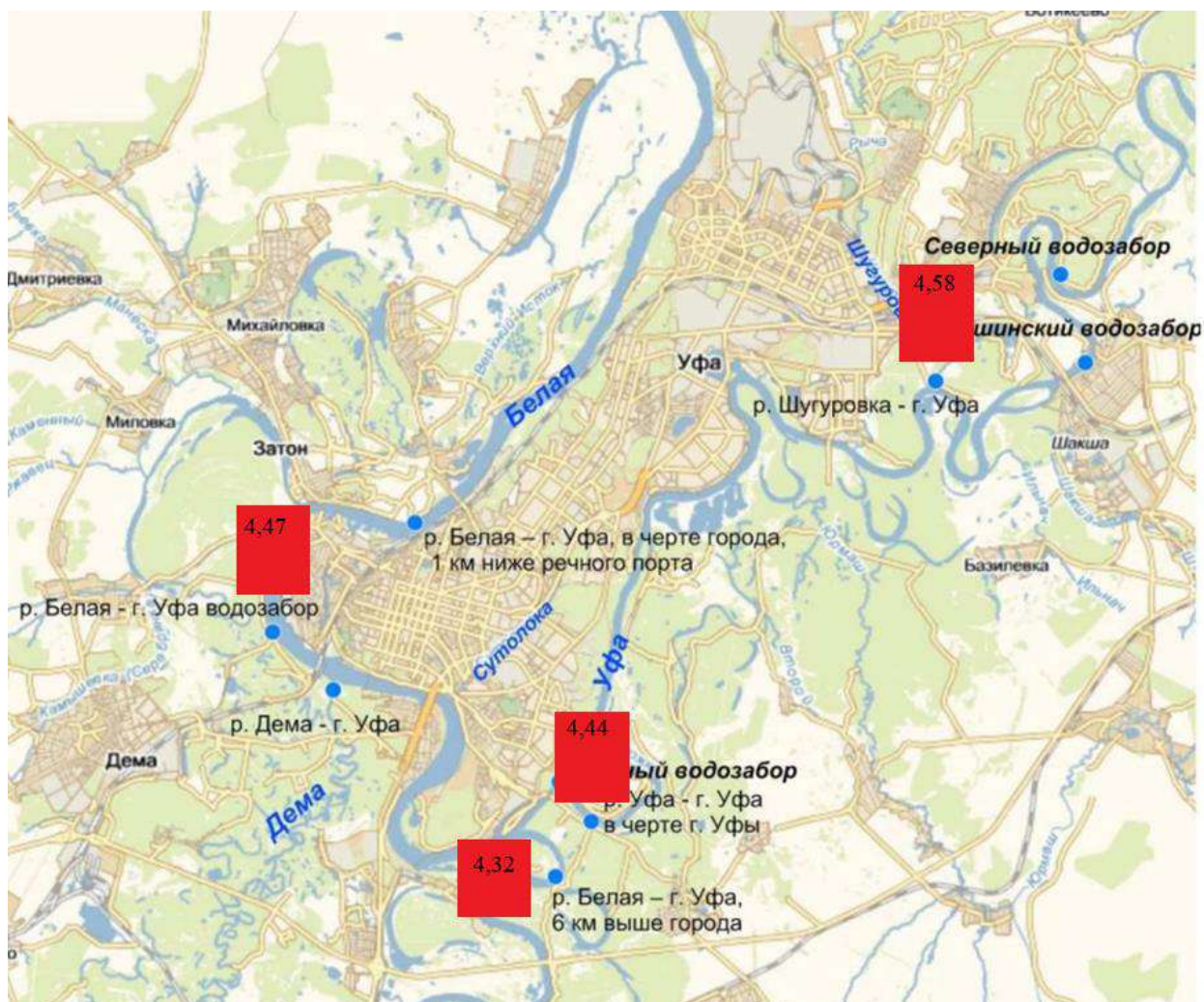


Рисунок 2 – Индексы загрязнённости вод на карте бассейнов рек Белая и Уфа (значения индексов выделены на красных площадках)

На качество воды реки в контрольном створе у г. Уфа оказывали влияние сточные воды предприятия ООО «Компания КРУС» (Строительство). В 2022 году вода по качеству ухудшилась и перешла из 3-го класса разряда «Б» («очень загрязненная» 2021 год) в 4-ый класс разряда «А» («грязная»). Отмечен уровень загрязненности соединениями марганца в пределах 10 ПДК и возрастании максимального – с 15 ПДК до 29,2 ПДК; превышения нормативов фиксировались в 100 % проб. Возросли среднегодовые и максимальные концентрации соединений железа до 2 ПДК и 6 ПДК соответственно, в 43 % проб превышены нормативы. Максимальная концентрация соединений меди

снизилась с 5 ПДК до 3 ПДК, количество случаев с превышениями ПДК со 100 % – до 71 % проб. В 29 % проб превышены нормативы по цинку до 4 ПДК. Также в 29 % проб превышены нормативы по соединениям азота нитритного. В 71 % проб обнаруживали превышения ПДК по сульфатам. Превышения концентраций органических веществ по ХПК, БПК₅ – не более 2 ПДК. Фенолы в пробах воды не обнаружены.

Качество воды в реке Шугуровка за пять лет не стабилизировалось и оценивается 4-ым классом разряда «А» («грязная»). На качество воды оказывают влияние аварийные сбросы с предприятий ЖКХ и смывы с территории жилой и промышленной зон. В числе критического показателя загрязненности остаются соединения марганца по среднему уровню содержания в пределах 18 ПДК, по максимальному уровню – 29,3 ПДК. Возросли среднегодовые значения концентраций сульфатов до 3 ПДК, максимальные - до 5 ПДК с повторяемостью нарушения нормативов в 86 % проб. Максимальные концентрации соединений азота аммонийного наблюдаются до 4 ПДК. До 2 ПДК составляют содержание органических веществ (ХПК и БПК₅), а также соединения железа, меди, цинка, азота нитритного и нитратного.

Качество воды реки Юрюзань наблюдалось в приграничном створе д. Чулпан. На качество воды оказывали влияние сточные воды ООО «Комус» (бывшие ООО «Коммунальные услуги») Салаватского района (Жилищно-коммунальное хозяйство), а также транзит загрязняющих веществ от сбросов сточных вод г. Усть-Катав Челябинской области. Качество воды улучшилось в пределах 3-го класса и перешло в разряд «А» – «загрязненная». Содержание в воде соединений железа установлено в пределах 3 ПДК, нарушения нормативов фиксировались в 67 % проб. Фон загрязненности соединениями меди составил до 3 ПДК. В 33 % проб превышены нормативы по соединениям цинка не более 2 ПДК. Трудноокисляемые органические вещества наблюдались по ХПК с превышениями нормативов в 67 % проб.

Таблица 1 – Качество воды в реке Уфа и ее притоках по показателям, превышающим нормативы

Пункт наблюдения	Показатель качества	Количество проб	ПДК _{рх}	Кол-во проб с превыш. ПДК _{рх}	Превышение ПДК _{рх} , %
р.Уфа г.Уфа	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	62	2	6	7
	фенолы, мг/дм ³	62	0,002	19	28
	нефтепродукты, мг/дм ³	62	0,06	10	18
	медь, мкг/дм ³	62	1	41	74
	марганец, мкг/дм ³	62	10	49	79
р.Шугуровка г.Уфа	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	63	2	15	18
	фенолы, мг/дм ³	63	0,002	22	38
	нефтепродукты, мг/дм ³	63	0,06	15	26
	медь, мкг/дм ³	63	1	51	81
	марганец, мкг/дм ³	63	10	61	98
р.Юрюзань д.Чулпан	нефтепродукты, мг/дм ³	35	0,06	12	42
	медь, мкг/дм ³	35	1	22	76

Таблица 2 – Бенчмаркинг показателей качества воды и загрязнённости водных объектов

Перечень загрязнителей	Критерий оценки загрязнённости		р. Уфа - г. Уфа в черте г. Уфы	р. Шугуровка - г. Уфа	р. Белая - г. Уфа, 6 км выше города	р. Белая - г. Уфа водозабор
	ПДК, мг/л	ЛПВ*				
Хлориды, мг/л	300	С.-т.	6,70	82,3	123	42,9
Сульфаты, мг/л	100	С.-т.	75,2	266	120	88,4
ХПК, мг/л	15	Общ.т.	25,7	19	35,4	26,0
БПК5, мг/л	2	Общ.т.	0,494	0,450	0,38	0,173
NH ₄ , мг/л	0,4 по азоту	Т.	0,299	0,175	0,26	0,174
NO ₂ , мг/л	0,02 по азоту	Т.	0,015	0,021	0,012	0,22
NO ₃ , мг/л	9,1 по азоту	С.-т.	4,16	9,90	6,39	4,22
Железо общ.,мг/л	0,1	Органолеп- тический	0,21	0,074	0,110	0,115
Медь, мкг/л	0,001	Т.	2,50	1,65	2,01	3,18
Цинк, мкг/л	0,01	Т.	3,06	2,40	6,01	3,40
Никель, мкг/л	0,01	Т.	12,3	5,87	1,01	10,2
Марганец, мкг/л	0,01	Т.	113	145	134	119
Фенолы, мг/л	0,001	Р-х.	0,003	0,003	0,002	0,002
Нефтепродукты, мг/л	0,05	Р-х.	0,186	0,166	0,13	0,10
УКИЗВ -2017	-	-	4,44	4,58	4,32	4,47
Класс 2017			Грязная 4А	Грязная 4А	Грязная	Грязная 4А
УКИЗВ -2022			3,67	4,41	3,17	2,74
Класс 2022	-	-	Грязная 4А	Грязная 4А	Очень загрязнённая 3Б	Очень загрязнённая 3Б

ЛПВ* – лимитирующие показатели вредности: С.-т. – санитарно-токсикологический;
Общ.т. – общие требования; Т. – токсикологический; Р-х. – рыбохозяйственный.

В указанных притоках реки Уфа и собственно в самой реке вода классифицируется как грязная, что свидетельствует об опасном уровне загрязнения и негативном влиянии предприятий ООО «Башнефть-Сервис НПЗ», ООО «Компания КРУС», ОАО «УКХП», ООО «Промоборудование» на экосистему реки. Высокие значения показателей сточных вод, сбрасываемых в водоёмы, по нефтепродуктам, фенолу, тяжёлым металлам свидетельствуют о недостаточно эффективной очистке на локальных очистных сооружениях предприятий, агропромышленного комплекса и на малых очистных сооружениях сельских населенных пунктов. В связи с этим был проведен анализ зарубежных технологий очистки сточных вод с целью выбора технологических схем очистных сооружений для малых населенных пунктов и сельской местности Башкортостана. Самыми востребованными на Западе в настоящее время считаются: модульные очистные сооружения на базе водно-болотных угодий, мембранные биореакторы и модульные биологические сооружения

очистки. Учитывая климатические условия Башкортостана, для малых населенных пунктов были рекомендованы в данной работе модульные биологические сооружения. Для сельской местности были разработаны критерии отбора схем биологической очистки в следующей приоритетности: эффективность очистки, соблюдение НДС, ТН, ПДК; климатические условия (жаркий и сухой или сухой и влажный, умеренный и влажный, холодный климат); расход сточных вод; финансовые ресурсы для строительства и дальнейшей эксплуатации; простота эксплуатации небольшая численность квалифицированного персонала; обеспечение критериев и стандартов утилизации осадка; возможность повторного использования сточных вод.

Была оценена также степень «водного стресса» (water stress – WS) реки Уфа, для этого определено отношение объема водопотребления $C_{\text{потр}}$ (438,74 млн куб м в год) к расходу водных ресурсов соответствующей обеспеченности $C_{\text{рск}}$, учитывая минимальную водность реки в меженный период по формуле: $WS = (Q_{\text{потр}}/Q_{\text{рек}}) \cdot 100 \%$.

Коэффициент использования водного ресурса реки при среднегодовом расходе 388 м³/с для Уфы составляет 3,59 % с максимальными значениями до 25,3 % в маловодные годы (55 м³/с). Оценка степени «водного стресса» с применением коэффициента использования водного ресурса реки не всегда даёт объективный результат, т.к. не учитываются показатели промышленных и хозяйственно-бытовых сбросов сточных вод в реку, а также региональные особенности исследуемых водных объектов, в том числе значения фоновых концентраций загрязняющих веществ и значения индексов загрязнённости вод. С учётом этих показателей «водный стресс», как модифицированный показатель деградации водного ресурса объекта, в частности реки Уфа, может достигать 5,4 %, а в маловодный период – 38 %.

Таким образом, выполнена оценка природных и антропогенных особенностей вод речного бассейна реки Уфа, расположенного на территории Республики Башкортостан. Промышленные предприятия, такие как Уфимские ТЭЦ, УМПО, нефтеперерабатывающие заводы, а также другие крупные производства, играют опасную роль в загрязнении рек в городе Уфе. Строительство новой ТЭЦ, производственная деятельность и муниципальные стоки усугубляют ситуацию, в то время как смыв с территорий недействующих предприятий, таких как Уфахимпром, добавляет фенол и диоксины в водные системы.

Проведенный анализ показал, что р. Белая и р. Уфа в целом, а также ее основные притоки характеризуются высокими значениями антропогенной нагрузки и относятся к категории «грязная», испытывая «водный стресс» и деградацию до 38 % в маловодные годы. Наибольшая проблема для рассмотренного бассейна р. Уфа заключается в изменении качества сбрасываемых сточных вод, а не их количества. Изученные водные объекты уже сегодня не в состоянии справиться с поступающими в них загрязненными сточными водами, несмотря на имеющиеся на промпредприятиях локальные очистки. Особенно сложная ситуация возникает в маловодные годы и периоды летне-осенней и зимней межени.

Одной из первоочередных мер по обеспечению водохозяйственной безопасности в бассейне р. Уфа является установление на предприятиях эффективного очистного оборудования для локальной очистки, а также модернизация действующих канализационных очистных сооружений города.

Необходимо внедрить комплекс мероприятий, направленных на усиление контроля за состоянием ливневой канализации, на улучшение системы очистки сточных вод, а также проведение работ по рекультивации водосборных территорий. Важно также активизировать процессы самоочищения водных объектов, что может быть достигнуто за счет создания искусственных водных экосистем, способствующих биологическому разложению загрязнителей.

Список литературы

1. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015. 122 p.
2. Hoekstra Arjen Y. Sustainable, efficient and equitable water use: the three pillars under wise freshwater allocation // Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. 2014. Vol. 1. № 1. pp. 31-40.
3. Pellicer-Martinez F., Martinez-Paz J.M. Grey water footprint assessment at the river basin level: Accounting method and case study in the Segura River Basin, Spain // Ecological Indicators. 2016. Vol. 60. pp. 1173-1183.
4. Bo Wu, Weihua Zeng, Honghan Chen, Yue Zhao. Grey water footprint combined with ecological network analysis for assessing regional water quality metabolism // J. of Cleaner Production. 2016. Vol. 1. P. 4. pp. 3138-3151.
5. Cazcarroa I., Duarteb R., Sanchez-Cholizb J. Downscaling the grey water footprints of production and consumption // J. of Cleaner Production. Available online. 31 July 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010446>.
6. Соколов Л.И., Силинский В.А. Водная безопасность региона // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып.2. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 319-337. DOI: 10.34828/UdSU.2024.76.89.011.
7. Теплова Д.С. Загрязнение поверхностных вод в пределах г. Уфы // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 23-25 ноября 2017 г. Томск: Изд-во ТПУ, 2017. [С. 445-448].
8. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан. Уфа: Изд-во «Самрау». 2022. 300 с.

ЭКОПРОМЫШЛЕННЫЕ ПАРКИ

Хачатрян А. А.¹, Крбашян В. В.²

¹ МКУ МО «Центр комплексного социального обслуживания подростков и молодежи
«Формула 1001», г. Горячий Ключ, Россия

² МБОУ МО «Средняя общеобразовательная школа № 3 им. И.Ф.Дамаскина»,
г. Горячий Ключ, Россия

В настоящее время в развитых странах широко распространен такой элемент структуры национальной инновационной системы, как технопарк, и именно этим элементом определяется уровень инновационной активности.

До сегодняшнего дня деятельность технопарков в Российской Федерации не отличалась высокой эффективностью. Они не оказали существенного влияния на экономическое и инновационное развитие страны и отдельных регионов. Преодоление низкой эффективности отечественных технопарков будет означать, что российская экономика достигнет глобальной конкурентоспособности [4].

Постановлениями правительства Российской Федерации от 02.07.2022 № 1202 [2] и от 07.07.2022 № 1216 [3] были введены новые разновидности технопарков и промышленных парков – экотехнопарки и экопромышленные парки.

В последние годы переработке отходов уделяется повышенное внимание – сокращение количества отходов, отправляемых на свалки, является одной из национальных целей развития России. Согласно проекту Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, к 2025 году не менее 20% объема отходов в стране должно быть переработано и обеспечено вторичными ресурсами. Меры утверждены в соответствии с Указом Президента РФ о национальных целях развития до 2030 года и на перспективу до 2036 года [1], заменив завершившийся в 2024 году проект «Экология».

Согласно опросу, проведенному Институтом экологии НИУ ВШЭ, россияне считают, что в стране не развита система раздельного сбора мусора. Причины все те же: нехватка контейнеров, нежелание самих граждан заниматься сортировкой и недостаточное продвижение темы региональными властями.

Поэтому сейчас имеет смысл активизировать работу в этом направлении, создать инструменты, которые мотивируют и поощряют сортировку отходов и передачу сложных технических отходов, таких как батарейки, лампы и другие, специальным организациям.

По крайней мере, как показывает опыт зарубежных стран, которые являются лидерами как по количеству, так и по технологии создания экотехнопарков, при правильной реализации эти проекты могут не только улучшить экологию, но и заложить основу для новых промышленных зон и увеличить доходы страны.

Приоритетом государства является устойчивое региональное развитие с охраной окружающей среды, экономическим развитием и созданием рабочих мест [5]. По всей стране ведется строительство эко-индустриальных парков в

рамках федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». Это новый уровень развития экономики страны. Благодаря экопромышленным паркам Россия и наш край избежат экологической катастрофы и гибели цивилизации в целом [8].

Экотехнопарк – это совокупность функционально зависимых объектов промышленной инфраструктуры и оборудования, расположенных на территории одного или нескольких субъектов Российской Федерации [7].

Экотехнопарки – это якорные площадки, на которых будут развернуты кластеры по утилизации отходов и производству вторичных ресурсов. Экономика замкнутого цикла, переработка отходов, чтобы извлекать полезные фракции, обеспечивать переработку этих полезных фракций и, соответственно, производить новые продукты, новые товары [6].

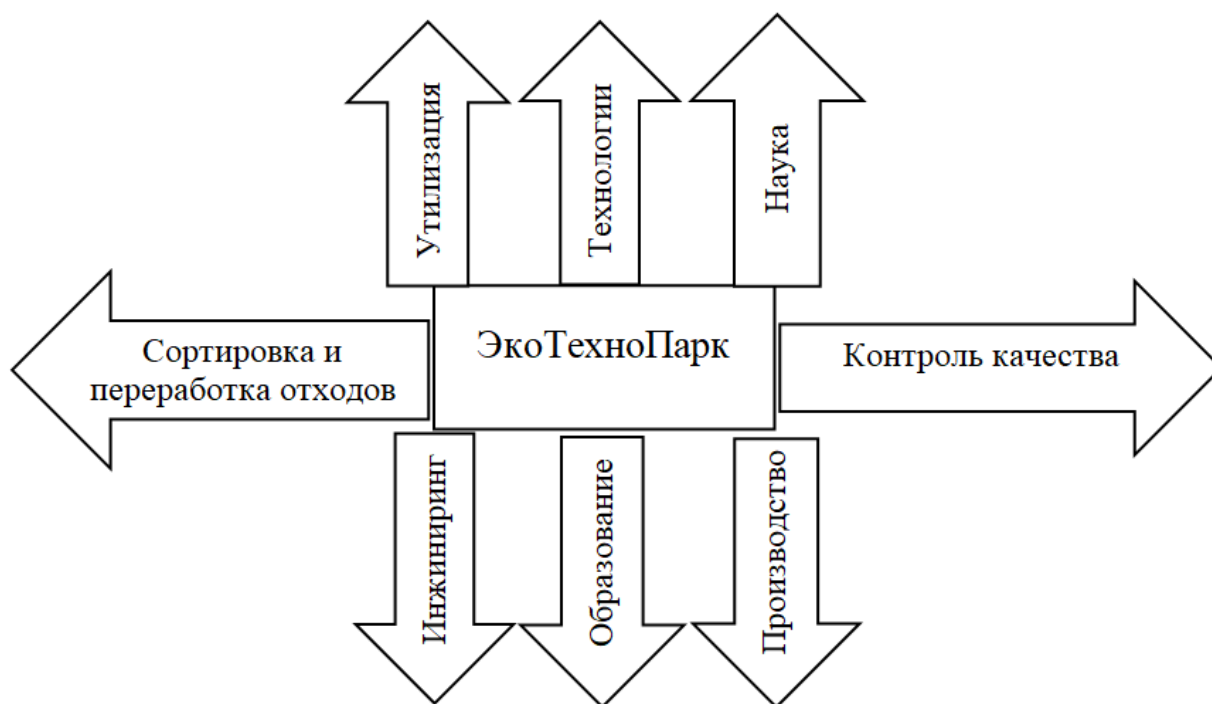


Рисунок 1 – Экотехнопарки

В первом российском эколого-промышленном парке государство планирует, что компании будут перерабатывать древесные и резиновые отходы, а также производить древесную щепу, модификаторы резины для дорожных покрытий, спортивных и игровых площадок. Среди ключевых направлений – переработка стекла, которое будет использоваться для производства, в частности, стеклянной крошки, используемой в дизайне. Инновационным направлением является переработка органических отходов с использованием личинок черного льва. Технология Энтопротэк разработана и уже используется в России компанией Биогенезис. Процесс переработки органических отходов по этой технологии занимает очень короткий промежуток времени – от 6 до 10 дней. В результате биоконверсии образуется зоокомпост – безопасное органическое удобрение для поддержания плодородия и восстановления нарушенных почв. Таким образом, технология является экологически

нейтральной и оставляет минимальный углеродный след.

Выводы

Таким образом, создание целой сети экотехнопарков по всей стране позволит всем участникам, задействованным в этой сети, находиться в единой информационной среде, жители из разных регионов смогут обмениваться опытом, что только поспособствует развитию как отдельных предприятий, так и всей формирующейся отрасли переработки вторичного сырья.

Список литературы

1. Указ президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».
2. Постановление Правительства РФ от 4 июля 2022 г. № 1202 «О промышленных технопарках и управляющих компаниях промышленных технопарков».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 07.07.2022 г. № 1216 «Об индустриальных (промышленных) парках и управляющих компаниях индустриальных (промышленных) парков».
4. Марьев В.А., Смирнова Т.С. Факторы успеха экотехнопарков в мире // Твердые бытовые отходы. 2017. № 2 (128). С. 14-17.
5. Марьев В.А., Смирнова Т.С. Формирование системы экотехнопарков в условиях РФ // Твердые бытовые отходы. 2017. № 3 (129). С. 21-23.
6. Экотехнопарки России // Твердые бытовые отходы. 2018. № 1 (138). С. 55-56.
7. Воротников А.М. Экотехнопарки: перспективы развития, приоритетные области внедрения и особенности финансирования / А.М.Воротников, И.Н.Баженов, Д.Н.Лыжин // Проблемы национальной стратегии. 2019. № 4(55). С. 144-155.
8. Дубинчина С. Экотехнопарки России / С.Дубинчина, А.Дорохов, А.Максимова // Лесар. 2019. 104 с.

ЧИСЛОВАЯ АСИММЕТРИЯ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ

Хорьков С. А.¹, Маврикиди Ф. И.²

¹ ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Россия

² Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва, Россия

Общепринято считать, что экология представляет собой биологическую дисциплину, исследующую структуру и функционирование систем, которые располагаются в пространстве и времени выше уровня организмов (популяции, ценозы, сообщества, экосистемы), причем условия их рассмотрения являются как естественными, так и изменёнными человеком.

Существует также расширительное толкование экологии, оно представлено в [1]. Здесь экологию рассматривают через некоторые аспекты изучения системы «Природа – Общество», т.е. своеобразную социэкологию. Первый аспект имеет биологический характер и представляет собственно экологию, второй аспект есть совместное исследование рационального природопользования, он соединяет биологию и экономику, и, наконец, третий аспект имеет социальный характер, сочетающий биологию, экономику и социологию.

Если прикладная экология изучает механизмы разрушения биосферы человеком и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов, то теоретическая экология изучает общие закономерности организации жизни. В основании теоретической экологии, как и любой другой теоретической дисциплины, лежат концепции, принципы и закономерности.

Проблемы экологии относят к кругу общей теории систем. В [1] в качестве концептуального ракурса представлен системный подход и приведены восемь основных принципов теоретической экологии.

Принцип иерархической организации позволяет соподчинить друг другу как естественные, так и искусственные системы.

Принцип несовместимости Лотфи Заде: чем глубже анализируется реальная сложная система, тем менее определены наши суждения о ее поведении.

Принцип множественности моделей В.В.Налимова: для объяснения и предсказания структуры сложной системы возможно иметь нескольких моделей.

Принцип контринтуитивного поведения Джея Форрестера: дать удовлетворительный прогноз поведения сложной системы, опираясь только на собственный опыт и интуицию, практически невозможно.

Принцип осуществимости Флейшмана отличает математические модели от моделей сложных систем. Первые должны быть логически непротиворечивы, а вторые должны иметь осуществимый алгоритм.

Принцип формирования законов: постулируются осуществимые модели, а из них в виде теорем выводятся законы сложных систем.

Принцип рекуррентного объяснения: свойства систем данного уровня иерархической организации мира выводятся в виде теорем из свойств подсистем нижестоящего уровня.

Принцип минимаксного построения моделей: теория должна состоять из

простых моделей (min) систем нарастающей сложности (max).

Анализ перечисленных принципов показывает, что они позволяют построить теоретическую дисциплину описывающую, объясняющую и решающую значительную часть проблем теоретической экологии.

В тоже время совокупность перечисленных принципов не охватывает круг сложных вопросов, обусловленных очевидной двойственностью окружающей действительности. Выражением этой двойственности является принцип дополнительности (комплементарности), гносеологический смысл которого заключается в том, что для глубокого понимания природы требуется, по крайней мере, два взаимоисключающих дополнительных понятия.

Природную двойственность можно представить через функциональную асимметрию природы. Её математическим понятием является числовая асимметрия [2]. Она соединяет в себе поля вещественных R и p -адических чисел (здесь обозначение « p » принято для заданного фиксированного простого числа p). Эти числа получают как элементы расширения поля рациональных чисел. Под расширением понимают пополнение поля рациональных чисел за счет нормы (вещественные числа) и за счет особой p -адической нормы (p -адические числа). Другими словами, поле рациональных чисел может породить континуум вещественных чисел и дисконтинуум p -адических чисел.

Числовой асимметрии соответствуют, соединенные в оппозиции следующие понятия: Растяжение – Сжатие; Материя – Символ; Энтропия – Негэнтропия; Дивергенция – Конвергенция; Цикл – Коцикл; Единое – Многое (Платон); Экстенсив – Интенсив; Фундирование – Антифундирование; Континуум – Дисконтинуум; Время – частота (Преобразование Фурье); Метрика – Ультраметрика; Атомизм – Анатомия и ряд других.

Числовая асимметрия как формальный аналог функциональной асимметрии Природы есть произведение вещественных R и 2-адических чисел Z_2 . Они связаны антиизоморфизмом и представляют антиномичный числовой базис математики, т.е. синтаксически неразличимы (изоморфны), но противоположны по действию (анти). Геометрически это два лексикографических дерева, связанных зеркальной симметрией, а их величины связаны инверсией, т.е. обратно пропорциональной зависимостью, которая известна как скейлинговые и степенные законы (power laws – англ.) вида $x = \xi^{-\alpha}$, присутствующие в универсуме:

$$U = R \times Z_2.$$

p -адические числа есть инвариант бесконечной делимости материи. Синоним делимости – анатомия. Она наблюдается умным видением, проникающим разумом, т.е. мысленным и зрительным различением деталей строения, углубление в детали. Делимость формирует разрывность, дискретность – топологию, дополнительную к непрерывности, связности.

Системная интерпретация числовой асимметрии заключается в том, что она служат формальным аналогом пары Единое-Многое, Целое-Часть. Здесь Единое – пространство, которое состоит из отдельных Частей, которые, в свою очередь сами являются такими пространствами. Иными словами – это

пространство допускает декомпозицию систем, т.е. анатомию организмов и ценозов, которые снаружи видятся как замкнутые, но изнутри как открытые. Они называются открыто-замкнутыми множествами (closed and open, clopen – англ.). То есть, они не изолированы от внешней среды, которая, также не изолирована от них. Биологически – они есть кожа плоти. Это формальный аналог принципа единства организма и среды.

Кроме того, p -адические числа интерпретируют как пространство образов. Для математики образы являются пространством неопределённости невероятностного типа. Они, будучи дивергентными образованиями, принадлежат иному логическому типу. Неопределённость в образах дана сразу вся, как все варианты исходов в конечном их числе. Это пространство теории возможностей (possibility theory – англ.), которая согласована с фракталами и имеет разнообразные источники.

Еще одна полезная интерпретация состоит в том, что эти числа оцифровывают, координатизируют внутреннее пространство объекта и, по сути дела, теоретически формируют и вводят в модель его нульмерный прообраз вещественного образа, формируя оппозицию «внутреннее – внешнее». Материальные объекты приобретают своё внутреннее пространство, геометрию и динамику. Так же все числовые параметры имеют наряду с вещественным и p -адическое представление. Вместо движения точки на вещественной оси любой параметр представляет собой меру (массу, заряд, альбедо и т.п.) движущегося элемента объема на p -адическом дереве.

Таким образом, принцип числовой асимметрии опирается на фрактальную геометрию природы [3] и соединяет: 1) двойственность; 2) самоподобие; 3) негауссовость; 4) степенное (гиперболическое) распределение; 5) эволюционное и циклическое время; 6) причинно-энергетический круг; 7) первую и вторую сигнальную систему человека [4].

Понятие двойственности опирается на известную дополненность Бора. В значительном количестве научных работ показано, что применение обобщенного принципа дополненности распространено не только на физику, но и на естествознание, биологию и гуманитарное знание в целом.

Самоподобный объект совпадает с частью самого себя (целое имеет ту же форму, что и его часть). Следует отметить, что в математике самоподобие – это основная характеристика фрактала. При этом фрактал есть множество, обладающее свойством самоподобия.

Негауссово распределение представляет собой свойство сложных систем, организованных по типу ценозов. Степенное (гиперболическое) распределение имеет ряд распределений название которых связаны с именами ученых: Парето (кривая распределения доходов среди жителей отдельной страны), Хольцмарка (распределение случайных флуктуаций гравитационного поля звезд), Лотки (научная продуктивность ученых по количеству опубликованных статей), Виллиса (распределение биологических родов по количеству биологических видов), Брэдфорда (рассеяние информации по научным журналам), Ципфа (лингвистика, гиперболические распределения в различных видах человеческой деятельности), Мандельброта (распределение частоты слов, масштабная

инвариантность фракталов).

Время в теории систем и ценозов имеет два направления течения. Одно из них можно назвать физическим, другое – системным биологическим. Системная ось времени есть время развития. Она, как и p -адические числа, неопределима в вещественном пространстве и, поэтому может считаться мнимой осью, мнимым временем. Если эта ось задается аддитивной версией p -адической метрики, то она определяет скорость декомпозиции, развития системы. Мультипликативная метрика дает второе системное время, определяющее количество и размеры подсистем. По отношению к физическому линейному времени, оно оказывается замкнутым, т.е. циклом гомеоморфным окружности. Это локально соответствует понятию жизненного цикла системы.

Причинно-энергетический круг в пространстве целых p -адических и вещественных чисел позволяют последовательно описать (формализовать) сначала моторное действие в физическом пространстве, затем действие материального стимула на символическое пространство, после – внутрисистемные (внутрисимволические) действия, и наконец, круг замыкается, – преобразование символической реакции в физическое действие.

Можно показать, основываясь на психофизиологии человека, что числовая асимметрия тождественна восприятию первой и второй сигнальной систем. Первая сигнальная система реагирует на сигналы, поступающие к органам чувств, ориентирует человека в физическом мире и направлена на управление материальными объектами, вторая – на слова, тексты и имеет символический характер.

Примером применения принципа самоподобия в исследовании видовой структуры биотических сообществ является работа [5], в которой на основе мультифрактального формализма построены обобщенные размерности Реньи видового распределения макрзообентоса городских озер Нижнего Новгорода.

Из представленного краткого обзора следует, что принцип числовой асимметрии, и лежащие в ее основе фрактальная и p -адическая математики могут быть применены для адекватного описания популяций, ценозов, сообществ, экосистем, являющихся объектами теоретической экологии.

Список литературы

1. Розенберг Г.С., Рянский Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология: Учебное пособие. 2-е изд. // Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та. 2005. 292 с.
2. Маврикиди Ф.И. Числовая асимметрия в прикладной математике // М., Дельфис. 2015. 416 с.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2010. 656 с.
4. Хорьков С.А., Маврикиди Ф.И. Техноценозы, системы и их модели: монография. 2-е изд, испр.и доп. // Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2025. 310 с.
5. Иудин Д.И. Методология принципа самоподобия в исследовании видовой структуры биотических сообществ: автореф... дис. докт. биолог. Наук // Тольятти. 2006. 42 с.

БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Хохлова Л. И., Лисин К. К., Бабаева В. М.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

За последние годы человечество столкнулось с большим количеством серьёзных экологических проблем, которые так или иначе влияют на жизнь каждого из нас. Экологические проблемы вызваны чрезмерным влиянием человека на окружающую среду, интенсивной урбанизацией, ростом населения и нерациональным использованием природных ресурсов. Современное строительство, как одна из ведущих отраслей экономики, зачастую выступает источником существенных экологических рисков, включая разрушение природных экосистем, загрязнение окружающей среды и истощение ресурсов. В условиях глобальных изменений климата и нарастающей угрозы экологической катастрофы необходимость интеграции устойчивых решений в архитектуру становится актуальнее с каждым годом. В данном контексте бионика, как наука, изучающая природные формы и процессы и применяющая их принципы в различных областях, включая архитектуру, становится перспективным подходом к решению этих проблем [2].

Источником вдохновения для бионики является природа, её формы, структуры и механизмы. Эта наука позволяет архитекторам и дизайнерам создавать сооружения, которые будут не только эстетически привлекательными, но и функциональными, эффективными и экологически безопасными.

Бионика – междисциплинарная область, изучающая устройства и механизмы живой природы с целью их применения в различных сферах жизнедеятельности, включая архитектуру [3]. Основной целью данного подхода является использование природных форм и принципов для создания функциональных и устойчивых архитектурных решений. Здания строятся с применением экологических материалов, вторсырья, оснащаются саморегулирующими системами. Автономные объекты имеют собственные солнечные батареи, системы для сбора воды и её вторичному использованию. Кроме того, как и любой живой организм гармонирует с окружающей средой, так и био-дом становится её продолжением.

Формирование структур под влиянием бионических принципов основывается на том, что многие решения в сфере архитектуры можно извлечь из процессов, уже устоявшихся в природе. Так, например, архитектор Гауди заимствует идеи своих творений у природы. В парке Гуэля пальмы и птичьи гнезда превращаются в каменные опоры и различного рода своды для нижнего виадука [6].

Стоит отметить эмоциональный и эстетический аспект, который вносит бионика в архитектурное проектирование. Формы, основанные на природных образах, создают гармонию между зданиями и их окружением.

Такие подходы не только привлекают внимание людей, но и создают

ощущение связи с природой, они способны повысить качество жизни в крупных городах, улучшая атмосферу в общественных пространствах.

Бионика также поднимает вопросы о том, как заменить неэкологичные материалы на более устойчивые. Исследования показывают, что многие природные материалы обладают превосходными свойствами, которые можно адаптировать для использования в строительстве. Эта удивительная наука вносит вклад в разработку систем, которые могут эффективно взаимодействовать с окружающей средой. Например, создание зданий, способных адаптироваться к изменениям температуры, влажности или светового дня может значительно снизить потребности в энергозатратах на отопление, охлаждение и освещение [9].

Успешные разработки в области бионики не только способствуют созданию более устойчивых зданий, но и открывают новые горизонты для будущих исследований, где взаимодействие между природой и архитектурой будет подвергаться более глубокому анализу и практическому применению.

Проблемы, связанные с химическими загрязнителями, которые содержатся в строительных материалах, требуют огромного внимания. Многие традиционные строительные материалы содержат вещества, оказывающие неблагоприятное влияние на здоровье пользователей и окружающую среду, такие как формальдегид и свинец. Более того, значительная часть строительного мусора, образуемого в процессе сноса здания не перерабатывается и оказывается на свалках, усугубляя негативное воздействие на экосистему.

Кроме того, строительство требует значительных объемов воды, что является проблемой в регионах, испытывающих нехватку этого ресурса. Неэффективное использование водных ресурсов в строительных проектах приводит к истощению. Это подчеркивает потребность в комплексном подходе к управлению водными ресурсами на всех этапах строительства и эксплуатации зданий.

Недостаток зелёных пространств в городских условиях является еще одной важной проблемой, что приводит к ухудшению качества воздуха.

Большая часть существующих зданий не подходит для использования возобновляемых источников энергии, что приводит к одной из ключевых проблем: новые методы альтернативной энергетики не могут быть интегрированы в существующие конструкции.

Разнообразие экологических проблем современного строительства подчеркивает необходимость переосмысления традиционных архитектурных подходов. Переход может быть реализован через изучение бионических решений, что обеспечит эффективный подход в разработке новых архитектурных решений [4].

Современные архитектурные проекты все чаще обращаются к бионике. Один из наиболее ярких примеров – здание Павильона Квадраччи музея искусств в Милуоки (США) [10].

Напоминает птицу и оборудован специальным механизмом, который может складывать или расправлять составные части «крыла» в зависимости от освещения.

Еще одной вдохновляющей концепцией является Всемирный торговый центр в Гонконге, известный своей системой естественной вентиляции. Архитекторы позаимствовали форму и принципы функциональности у термитников [5], строя здание с высокими потолками и специальными вентиляционными шахтами, что позволяет создавать температурные потоки и минимизировать затраты на кондиционирование воздуха. Этот подход позволяет использовать естественные процессы для поддержания комфортного климата внутри помещений.

Германский павильон на Expo 2010 в Шанхае [8] использовал концепцию «экспоненциального роста». Архитекторы вдохновлялись структурой кристаллов, чтобы создать фасад, который адаптируется к различным климатическим условиям. Это здание не только демонстрировало экологические решения, но и символизировало возможность гармоничного сосуществования с природой.

Несмотря на то, что многие считают бионику новым направлением в сфере архитектуры, это не совсем так. Ещё в 1922 году была построена Шуховская башня, с которой более 100 лет назад началась радиотрансляция, а затем и телетрансляция, в городе Москва. Ажурную форму башни придумал инженер Владимир Шухов, глядя на крестьянские корзины. Гиперболоидная конструкция оказалась практичной и эффективной: она выдерживала сильные порывы ветра, была достаточно подвижна и отличалась своей прочностью. Он применил принцип, который лишь позже был назван бионикой: используя природные формы и структуры как основу для создания инновационных инженерных решений.

Позднее, в 1979 году в Москве, для проведения Олимпийских игр 1980 года, в Крылатском районе был построен велотрек. Архитекторы, которые проектировали это сооружение, вдохновлялись окружающей местностью застройки, где летом обитало много бабочек, что отразилось в динамичных линиях и изгибах фасадов, напоминающих о движении этих живых организмов.

А из современных построек, в Москве, в Лужниках располагается Дворец гимнастики Ирины Винер-Усмановой. Его волнистая крыша напоминает гимнастическую ленту, которая будто развевается по ветру.

Еще один важный проект – «Эко-дом» в Японии. Архитекторы позаботились о том, чтобы все используемые материалы были минимально обработанными и максимально приближенными к природным. Конструкция здания продумана так, что оно гармонично вписывается в ландшафт.

В Пекине возникла архитектурная концепция, вдохновленная морскими обитателями. Использование форм и текстур раковин определило общую стилистику здания и привнесло эффект легкости. Фасады были выполнены с учетом переменной структуры, что позволяет уменьшить расход энергии на кондиционирование в летние месяцы и максимально использовать солнечный свет.

Следует отметить, что работы таких архитекторов, как Норман Фостер и Заха Хадид, стали важным этапом в понимании бионических решений.

В спроектированных ими зданиях и сооружениях видно, как архитектура

становится продолжением природы.

Эти примеры свидетельствуют о том, что архитекторы не боятся экспериментировать с формами и материалами, учитывая как функциональные, так и эстетические аспекты. Они ведут диалог с природой, черпая идеи из естественных форм и экосистем, что становится основой для создания более устойчивых и эффективных зданий [1].

Рассмотрим применение бионики на примере маленького жилого дома «Отражение минерала» (Япония, Токио). В таком густонаселенном городе, как Токио, где иногда даже негде припарковать автомобиль, очень сложно найти место для строительства индивидуального дома, однако архитектор Ясухиро Ямасита креативно подошел к решению данной проблемы, предложив свой вариант того, как можно рационально использовать имеющуюся площадь участка (45 кв. метров).



Рисунок 1 – Дом «Отражение минерала»



Рисунок 2 – Дом «Отражение минерала»

В этом уникальном проекте, площадью всего 86 кв метров, архитектору удалось создать не только комфортные условия для проживания, но и место для парковки личного автомобиля.

Его концепция основана на современных архитектурных идеях о том, что надо искать вдохновения у природы, учиться тому, как можно организовать пространство, в котором человеку будет комфортно [7].

Сложная многогранная форма дома связана не только с ограниченной площадью участка, но и со стремлением архитектора сократить потребление электроэнергии.

Например, окна из высокоэффективного стекла позволяют максимально использовать естественное освещение, а правильная система вентиляции обеспечивает свежий воздух без значительных потерь энергии.

Спальня, которая является местом для сна и отдыха, не нуждается в постоянном освещении, расположена на цокольном этаже, однако дневной свет

все равно проникает внутрь, делая пространство более комфортным для проживания.

Гостиная, столовая и кухня, где человек проводит большую часть времени, расположены в той части дома, где большое окно выходит на восток, позволяя утреннему солнечному свету проникать в эти помещения. Кроме того, мансардное окно обращено к тому же направлению, чтобы обеспечить дневное освещение в рабочей зоне. Использование отражающих поверхностей, таких как светлый пол, зеркала, нержавеющей сталь, белые стены, глянцевый полированный бетон и большие окна, кроме того, строительство из местных материалов не только снижает углеродный след, но и поддерживает экономику страны.

Таким образом, дом «Отражение минерала» с его экологичным и энергоэффективным подходом, можно назвать актуальным проектом. Современный человек стремится к совершенствованию технологий по борьбе с глобальным потеплением, развивая энергосберегающие системы, тем самым, защищая окружающую среду. Он открывает перед собой огромное количество возможностей, обращаясь к природе за вдохновением для создания чего-то нового. Сама природа подсказывает человеку эти простые формы, она бережлива, работает точно в срок и является идеальным примером в устойчивом проектировании, что действительно вдохновляет. Таким образом, интеграция современных технологий в повседневную жизнь не только обеспечивает устойчивое развитие, но и становится залогом здоровья нашей планеты для будущих поколений.

Список литературы

1. Самойленко А.А., Денисенко Е.В. Аналогии живых структур в архитектурном пространстве // Архитектура зданий и сооружений, творческие концепции архитектурной деятельности, “Известия КГАСУ”, Россия, г. Казань, 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analogii-zhivyh-struktur-v-rhitektturnom-prostranstve> (дата обращения 24.02.2025).
2. Чижев А.А. Бионика как необходимый новый вектор развития // Строительство и архитектура, “Интерактивная наука”. Чебоксары. 2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bionika-kak-neobhodimyy-novyy-vektor-razvitiya/viewer> (дата обращения 05.03.2025).
3. Скурлатова М.В. Бионика как связь природы и техники // “Молодой учёный” № 10, Россия, Казань, 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/90/18343/> (дата обращения 07.03.2025).
4. Нагаева З.С., Голикова А.А. Бионическая архитектура // Строительство и техногенная безопасность” № 17, Симферополь. 2019 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bionicheskaya-arhitektura-1/viewer> (дата обращения 10.03.2025).
5. Липов А.Н., Бионическая архитектура. Аналогии природных форм в архитектурном пространстве // “СТОЛ”. 2023 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://stol.guru/pulse/translations/bionics-2023-09-19> (дата обращения 10.03.2025).
6. Калимова Е.В. Синтез искусств в парке Гуэль архитектора А.Гауди // “Научные труды Санкт-Петербургской академии художеств”. Санкт-Петербург. 2009 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-iskusstv-v-parke-guel-arhitektora-a-gaudi/viewer> (дата обращения 17.03.2025).
7. Паршуков Д.С., Ремарчук С.М. Этапы развития архитектурного стиля bio-tech и его

характерные отличительные особенности // “Вестник ТГАСУ” № 2. Томск. 2020 [Электронный ресурс URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-arhitekturnogo-stilya-bio-tech-i-ego-harakternye-otlichitelnye-osobennosti/viewer> (дата обращения 18.03.2025).

8. Белова Т.В., Болотова А.А., Повышение эффективности защиты окружающей среды от загрязнения отходами строительства // ”Вестник МГСУ”. Москва. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-zaschity-okruzhayuschey-sredy-ot-zagryazneniya-othodami-stroitelstva-1> (дата обращения 18.03.2025).

9. Точилова Н.Н. Архитектура: самые интересные постройки со всего мира, кинетическая архитектура, всемирно известные здания, тематические подборки // [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.architime.ru/> (дата обращения: 21.03.2025).

10. Сумит Сингхал Отражение минерала в Токио, Япония от Ательер Текуто / Сумит Сингхал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/09/10/reflection-of-mineral-in-tokyo-japan-by-atelier-tekuto/> (дата обращения: 21.03.2025).

11. Карен Чиленто. Павильон Германии / Выставка в Шанхае 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.archdaily.com/68992/german-pavilion-shanghai-2010-expo> (дата обращения: 21.03.2025).

СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ КАК СПОСОБ СНИЗИТЬ ЭМИССИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Хохлова И. Л., Самуйленкова А. М., Безрукова В. А.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Мы живём во времена, когда большая часть населения земли проживает на урбанизированных территориях. Согласно отчёту за 2020 год 124 наиболее развитые страны мира являлись местом проживания для более чем 81 % населения земли [1]. По данным Росстата за 2021 год [2] почти 75 % населения России проживает в городах, что делает ее страной с высокой степенью урбанизации. Как и в любой стране с высокой долей городского населения, россияне сталкиваются с экологическими проблемами, свойственными для урбанизированных территорий.

Среди экологических проблем территорий с высокой долей урбанизации можно выделить проблему загрязнения окружающей среды, создаваемое отраслью строительства. Именно данный сектор является крупнейшим источником выбросов парниковых газов, на его долю приходится ошеломляющие 37 % мировых выбросов [3]. Одним из парниковых газов, оказывающих наиболее существенное влияние на экологию является углекислый газ CO₂. Существует несколько способов как можно снизить негативное влияния сектора строительства на экологию. Одним из них является использование материалов, при эксплуатации которых эмиссия парниковых газов ниже, нежели при использовании таких популярных строительных материалов, как бетон, сталь и металл [4]. Именно использование этих трёх материалов в строительстве составляет 23 % мировой эмиссии парниковых газов [3].

Уменьшение выбросов парниковых газов за счёт материалов может быть достигнуто несколькими путями:

1. Использование натуральных материалов или материалов, которые требуют меньшие энергозатраты на производство. К таким относится древесина и материалы из природных волокон, получаемые из возобновляемых источников.

2. Использование материалов из вторсырья. В этом случае исключаются энергозатраты на добычу сырья, также стратегия имеет дополнительную ценность за счёт сохранения сырья в экономике.

3. Повторное использование материалов. Имеет схожие преимущества со стратегией использования материалов из вторсырья [4]. Использование древесины в качестве материала для строительства имеет

ряд преимуществ. Древесина – прочный, долговечный и возобновляемый материал. Природное происхождение древесины, доступность и возобновляемость сделало её одним из наиболее экологичных материалов для возведения здания на сегодняшний день [5].

На сегодняшний день строить из дерева можно не только малоэтажные, но и дома высокой этажности. Это стало возможно благодаря новым технологиям. В частности, благодаря технологии изготовления многослойных клеёных деревянных панелей. Это массивные панели, состоящие из нескольких слоев досок, склеенных крест-накрест. Поперечное наложение досок даёт преимущество в несущей способности, также данная технология позволяет устранять усадку и разбухание от колебаний влажности в сравнении с использованием обычного бетона. Другое преимущество многослойных клеёных деревянных панелей — это высокая степень заводской готовности, при которой проёмы для дверей и окон могут быть изготовлены ещё до момента доставки материала на строительную площадку. Дополнительно стоит отметить, что использование многослойных клеёных деревянных панелей уменьшает вес конструкции в сравнении с бетоном.

Обычно многослойные клеёные деревянные панели состоят из 3, 5, 7 слоёв, которые по толщине не превышают 500 мм [6]. Благодаря перпендикулярному расположению волокон нивелируется анизотропность древесины, почти до минимума сводится эффект усыхания и значительно увеличивается несущая способность [7].



Рисунок 1 – Многослойная клеёная деревянная панель

Также при строительстве деревянных многоэтажных домов используют ЛВЛ-брус или брус из клеёного шпона. Это конструкционный материал, изготовленный по технологии склейки нескольких слоев лущеного шпона хвойных пород (сосна, ель, лиственница) толщиной порядка 3 мм [8].

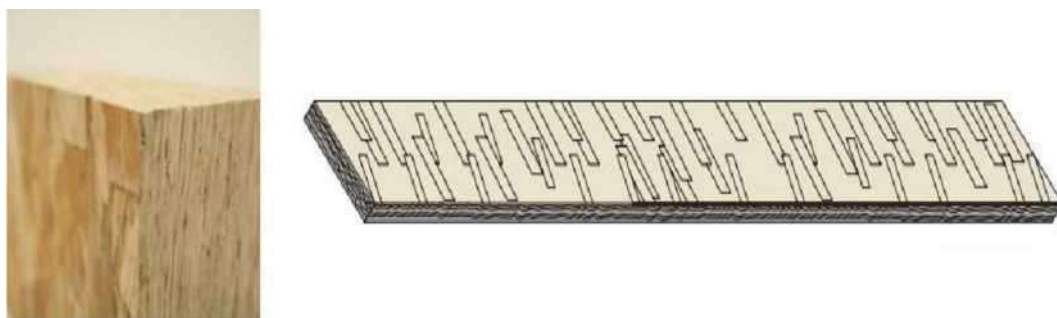


Рисунок 2 – Брус из клеёного шпона

Стоит упомянуть, что при строительстве высотных зданий из дерева широко используется также конструкционный клееный брус. Он состоит из отдельных деревянных пластин, склеенных вместе прочными, влагостойкими клеями. Структура всех слоев параллельна длине элементов, которые могут быть прямыми, изогнутыми, дугообразными и сужающимися [9].



Рисунок 3 – Конструкционный клеёный брус

С точки зрения строительства, основные преимущества материалов из клееной древесины состоят в сокращении времени сборки на месте из-за высокой степени заводской готовности и снижении потребности в энергии для доставки и сборки из-за быстро растущей доли заводской готовности, более легких деревянных сборных компонентов и технологии сухого строительства. Древесина также может быть оснащена дополнительными слоями для повышения устойчивости к негативным воздействиям условий окружающей среды, тогда её можно будет применять для отделки фасада здания. Для сравнения можно обратить внимание, что плотность древесины составляет приблизительно 500 кг/м^3 , тогда как плотность бетона составляет 2500 кг/м^3 , а стали – 8000 кг/м^3 [10].

Для того, чтобы доказать эффективность использования древесных материалов при возведении высотных зданий с точки зрения влияния возведения здания на окружающую среду можно обратиться к ряду исследований [11, 12]. Так, в результате исследования по сравнению жизненного цикла 12-этажного здания, сделанного с использованием клееных деревянных материалов, и здания, выполненного с использованием железобетона, выяснилось, что во время жизненного цикла здание с использованием дерева в качестве строительного материала в окружающую среду выбрасывается на 18 % меньше CO_2 или углекислого газа, что является основным газом.

В исследовании рассматривалось 12-этажное здание площадью 8360 м^2 , выполненное преимущественно с использованием древесины. При его строительстве в качестве несущей конструкции использовались относительно низкие по весу деревянные рамы, состоящие из приблизительно 1782 м^3 многослойных клеёных деревянных панелей и 557 м^3 конструкционного клеёного бруса. При этом стоит отметить, что при возведении рассматриваемого здания большая доля воздействия на окружающую среду пришлась не на деревянные конструкции, а на использованный при строительстве гипсокартон, который составил около 16 % от общей массы здания. Авторы исследования отмечают, что снижение доли гипсокартона и расположение предприятий по производству материалов из клееного дерева вблизи с районом строительства позволят ещё больше снизить вредное воздействие зданий из дерева на окружающую среду [11].

Также существует исследование [12] по сравнению негативного воздействия от зданий, выполненных из клееных деревянных материалов и из металлоконструкций. В результате исследования было выявлено снижение

общего негативного влияния на глобальное потепление при использовании деревянных материалов на 10 % по сравнению с использованием металла.

Негативное воздействие на окружающую среду из-за эмиссии углекислого газа происходит не только на этапе возведения здания, но и на этапе добычи материалов для дальнейшего строительства. Встаёт вопрос о том, насколько преимущества от использования древесных материалов в строительстве выгодно по сравнению с тем, какой урон для экологии создаёт лесозаготовка.

В исследовании [13] были проведены расчёты, по результатам которых можно сделать вывод, что мировые леса содержат около 385 миллиардов кубических метров древесины, и каждый год вырастает ещё на 17 миллиардов кубических метров. Ежегодно заготавливается всего 3,4 миллиарда кубических метров, в основном для сжигания в качестве топлива для собственного потребления; остальное гниет, сгорает в пожарах или увеличивает плотность лесов. В настоящее время ежегодно заготавливаемая древесина составляет всего 20 % годового прироста. Увеличение этой доли до 34 % позволит избежать 14-31 % мировых выбросов CO₂, создаваемых сталью и бетоном, и сократить мировое потребление ископаемого топлива на 12-19 %.

На основании всей вышеизложенной информации можно сделать вывод, что возникшая тенденция к использованию дерева в качестве основного строительного материала при возведении высотных зданий имеет ряд преимуществ, основным из которых является снижение эмиссии парниковых газов, в том числе углекислого, при добыче материала и его дальнейшей эксплуатации в строительстве. За счёт этого использование дерева выглядит как достойная альтернатива использованию бетона и металла. Таким образом возведение высотных деревянных зданий сокращает выбросы парниковых газов в окружающую среду, сокращает потребление ископаемого топлива и если производить заготовку лесоматериалов разумно, то увеличение объёмов лесозаготовки не скажется на биоразнообразии и не нанесёт дополнительного вреда экологии.

Список литературы

1. Materials And The Climate: Constructing A New Future / Dyson A., Keena N., Lokko M and other // Report of United Nations Organization. 2023. pp. 14-19. ISBN: 9789280740646.
2. Росстат представил предварительные цифры о численности населения в регионах страны по данным Всероссийской переписи населения // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/166784> (дата обращения: 05.03.2024).
3. ООН: уровень выбросов в строительном секторе продолжает расти // Организация объединённых наций. Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2024/03/1450167> (дата обращения: 05.03.2024).
4. Why we need to address Low Carbon Refurbishment // Oneclicklca. Режим доступа: <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/low-carbon-refurbishment/> (дата обращения: 05.03.2024).
5. Доманская И.К. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / УрФУ-Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. 2018. 61 с.
6. Very Tall Wooden Buildings with Cross Laminated Timber / Van De Kuilen J.W.G., Ceccotti A., Xia Z., He M. // Procedia Engineering. 2011. pp. 1621-1628. DOI: 10.1016/j.proeng.

2011.07.204.

7. Пять самых высоких жилых домов из дерева, технология их возведения и огнестойкость, а также возможное будущее такого строительства // ARCHI.RU. Режим доступа: <https://archi.ru/world/56992/zhit-v-dereve> (дата обращения: 05.03.2024).

8. ЛВЛ-Брус // Wikipedia. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ЛВЛ-Брус> (дата обращения: 05.03.2024).

9. Инновационные строительные изделия из массивной древесины // CLT MOD. Режим доступа: <https://cltmod.ru/wood-innovation> (дата обращения: 05.03.2024).

10. Широкогородюк В.К. Строительные материалы: учеб. пособие. КубГАУ-Краснодар. 2022. 16 с.

11. Comparative life-cycle assessment of a mass timber building and concrete alternative / Liang S., Gu H., Bergman R., Kelley S.S. // Wood and Fiber Science. 2020. Vol. 52, № 2. DOI: 10.22382/wfs-2020-019.

12. Comparative Cradle-to-Grave Life Cycle Assessment of Low and Mid-Rise Mass Timber Buildings with Equivalent Structural Steel Alternatives / Allan K., Phillips A.R., Kelley S.S. // Sustainability. 2021. Vol. 13, № 6. DOI: 10.3390/su13063401.

13. Carbon, Fossil Fuel, and Biodiversity Mitigation With Wood and Forests / Oliver C.D., Nassar N.T., Lippke B.R., McCarter J.B. // Journal of Sustainable Forestry. 2014. pp. 248-275. Vol. 33, № 3. DOI: 10.1080/10549811.2013.839386.

Раздел 3

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РФ

Борисова О. Н.

ФГБОУВО «Российский государственный университет туризма и сервиса»,
г. Пушкино, Россия

Проблема обращения с отходами в Российской Федерации представляет собой сложную и многогранную задачу, требующую комплексного анализа и принятия эффективных мер. На протяжении десятилетий в стране формировалась система, ориентированная преимущественно на захоронение отходов, что привело к накоплению огромного объема мусора на полигонах и в несанкционированных свалках. Это, в свою очередь, оказывает негативное воздействие на окружающую среду, здоровье населения и экономическое развитие регионов. Данный анализ призван всесторонне рассмотреть сложившуюся ситуацию в сфере обращения с отходами в РФ, выявить ключевые проблемы и перспективы, а также оценить эффективность принимаемых мер [1, 2].

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе жизнедеятельности физических лиц, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в результате их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. Они включают в себя бытовой мусор, пищевые отходы, бумагу, пластик, стекло и другие материалы. Управление ТКО является важной проблемой для многих городов и населенных пунктов. В настоящее время существуют различные методы управления ТКО, которые позволяют уменьшить количество отходов, снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить качество жизни людей [3].

Основным нормативным актом, регулирующим сферу обращения с отходами в России, является Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Закон устанавливает общие принципы управления отходами, определяет полномочия органов государственной власти и местного самоуправления, а также устанавливает требования к обращению с отдельными видами отходов. Важную роль играют также подзаконные акты, включая постановления Правительства РФ, приказы Минприроды России и другие нормативные документы, регламентирующие конкретные аспекты обращения с ТКО [4].

Ключевые изменения в законодательстве последних лет связаны с введением института расширенной ответственности производителей (РОП), направленной на стимулирование производителей и импортеров к утилизации отходов от использования их продукции. Постановлением Правительства РФ от 09.04.2016 N 284 утверждены правила осуществления расширенной ответственности производителей (импортеров) товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств. Однако механизм РОП пока еще не достиг своей полной эффективности и требует дальнейшего

совершенствования.

В соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ, субъекты Российской Федерации наделены полномочиями по разработке и реализации региональных программ в области обращения с отходами, в том числе с ТКО. Региональное законодательство учитывает специфические особенности каждого региона, включая географическое положение, климатические условия, плотность населения и экономическую структуру. Региональные программы должны соответствовать федеральному законодательству и направлены на достижение целей, установленных государственной политикой в области обращения с отходами. Однако, качество региональных программ и их реализация существенно различаются в разных субъектах Российской Федерации.

Органы местного самоуправления несут ответственность за организацию сбора, вывоза, утилизации и переработки ТКО на подведомственных территориях. Муниципальные образования разрабатывают и утверждают местные программы в области обращения с отходами, устанавливают тарифы на услуги по обращению с ТКО, а также осуществляют контроль за соблюдением правил благоустройства территорий. Эффективность управления ТКО на муниципальном уровне во многом зависит от финансовой обеспеченности местных бюджетов, квалификации кадров и наличия необходимой инфраструктуры [5].

Система сбора и транспортировки ТКО в России характеризуется значительным разнообразием. В крупных городах преобладают контейнерные площадки и мусоропроводы, а в сельской местности – бесконтейнерный сбор. Транспортировка ТКО осуществляется специализированными мусоровозами, однако, в ряде регионов используются устаревшие модели, не отвечающие современным экологическим требованиям. Проблемы в этой области включают нехватку контейнеров, нерегулярный вывоз ТКО, переполнение контейнерных площадок и несанкционированные свалки [6].

Основным способом утилизации ТКО в России остается захоронение на полигонах. Большинство полигонов не соответствуют современным экологическим требованиям, что приводит к загрязнению почвы, воды и атмосферного воздуха. Многие полигоны переполнены и требуют рекультивации. Недостаток современных полигонов, оборудованных системами сбора биогаза и фильтрата, является одной из главных проблем в сфере обращения с ТКО.

Полигоны ТКО и несанкционированные свалки оказывают негативное воздействие на биоразнообразие. Они занимают значительные площади, уничтожают естественные места обитания животных и растений, а также создают благоприятные условия для распространения инвазивных видов. Загрязнение почвы и воды токсичными веществами оказывает негативное воздействие на водные и наземные экосистемы.

В России действует ограниченное количество мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводов. Мощности этих предприятий явно недостаточны для переработки всего объема образующихся ТКО. Большинство мусороперерабатывающих заводов используют устаревшие технологии, не

позволяющие извлекать ценные вторичные ресурсы. Мусоросжигательные заводы, даже оснащенные современными системами очистки выбросов, вызывают обеспокоенность общественности по поводу возможного негативного воздействия на здоровье населения и окружающую среду [7].

Система раздельного сбора отходов в России находится на начальном этапе развития. В ряде городов реализуются пилотные проекты по раздельному сбору отдельных видов отходов, таких как бумага, пластик, стекло и металл. Однако, охват населения системой раздельного сбора отходов остается низким. Основные препятствия для развития раздельного сбора отходов включают недостаточную информированность населения, отсутствие инфраструктуры и экономических стимулов [8].

Тарифы на услуги по обращению с ТКО устанавливаются органами местного самоуправления. Уровень тарифов существенно различается в разных регионах и зависит от многих факторов, включая объем образующихся ТКО, стоимость транспортировки и утилизации, а также финансовое положение местных бюджетов. Низкие тарифы не позволяют обеспечивать надлежащее финансирование системы управления ТКО и стимулировать внедрение современных технологий.

Объем инвестиций в сферу обращения с ТКО в России остается недостаточным. Привлечение частных инвестиций затруднено из-за высоких рисков, длительных сроков окупаемости и несовершенства нормативно-правовой базы. Государственная поддержка инвестиционных проектов в сфере обращения с ТКО осуществляется в форме субсидий, налоговых льгот и предоставления государственных гарантий.

Экономическое стимулирование переработки отходов играет важную роль в развитии отрасли. К мерам экономического стимулирования относятся субсидии на закупку оборудования, налоговые льготы для предприятий, занимающихся переработкой отходов, и льготные тарифы на электроэнергию, произведенную из отходов. Однако, существующие меры экономического стимулирования недостаточны для обеспечения рентабельности переработки отходов и привлечения инвестиций в эту сферу.

Ненадлежащее управление ТКО приводит к загрязнению окружающей среды. Полигоны ТКО являются источниками загрязнения почвы, воды и атмосферного воздуха. Выбросы свалочного газа, содержащего метан и углекислый газ, способствуют усилению парникового эффекта и изменению климата. Сжигание ТКО без надлежащей очистки выбросов приводит к загрязнению атмосферного воздуха токсичными веществами. Несанкционированные свалки являются источниками загрязнения почвы и воды [8, 9].

Загрязнение окружающей среды в результате ненадлежащего управления ТКО негативно влияет на здоровье населения. Загрязнение воздуха может вызывать респираторные заболевания, аллергические реакции и другие проблемы со здоровьем. Загрязнение воды может приводить к инфекционным заболеваниям и отравлениям. Загрязнение почвы может приводить к накоплению токсичных веществ в продуктах питания.

Уровень информированности населения о проблемах управления ТКО и способах их решения остается низким. Многие граждане не осознают негативного воздействия отходов на окружающую среду и здоровье населения. Недостаточная информированность населения препятствует развитию раздельного сбора отходов и формированию экологически ответственного поведения.

Общественное участие в принятии решений в сфере управления ТКО ограничено. Граждане не имеют возможности влиять на выбор технологий утилизации и переработки отходов, а также на размещение новых объектов инфраструктуры. Недостаток общественного участия приводит к протестам населения против строительства новых полигонов и мусоросжигательных заводов.

Проблема управления ТКО является источником социальной напряженности во многих регионах России. Недовольство населения вызывает размещение полигонов и мусороперерабатывающих заводов вблизи населенных пунктов, а также ухудшение экологической обстановки. Разрешение социальных конфликтов в сфере управления ТКО требует открытого диалога с общественностью, учета мнения населения и принятия обоснованных решений.

Переход к экономике замкнутого цикла является стратегической целью развития системы управления ТКО в России. Экономика замкнутого цикла предполагает максимальное вовлечение отходов во вторичный оборот, сокращение объемов захоронения и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Для реализации этой цели необходимо внедрение современных технологий переработки отходов, развитие системы раздельного сбора отходов и создание экономических стимулов для переработки отходов.

Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) является ключевым фактором повышения эффективности системы управления ТКО. НДТ представляют собой наиболее эффективные и экологически безопасные технологии, доступные на рынке. Внедрение НДТ требует разработки и утверждения соответствующих нормативных документов, а также предоставления государственной поддержки предприятиям, внедряющим НДТ [10].

Развитие инфраструктуры переработки отходов является необходимым условием для реализации концепции экономики замкнутого цикла. Необходимо строительство новых мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводов, а также модернизация существующих предприятий. При выборе технологий переработки отходов необходимо учитывать экологические и экономические аспекты, а также мнение общественности [11, 12].

Совершенствование нормативно-правового регулирования является важным фактором повышения эффективности системы управления ТКО. Необходимо внесение изменений в Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», направленных на уточнение полномочий органов государственной власти и местного самоуправления, установление четких требований к обращению с отходами, а также стимулирование развития переработки отходов [13-16].

Для решения вышеперечисленных проблем необходимо учитывать следующие рекомендации:

1. Совершенствование нормативно-правовой базы.

– Усилить контроль за соблюдением требований законодательства в сфере обращения с отходами.

– Усовершенствовать механизм расширенной ответственности производителей (РОП) для повышения эффективности утилизации отходов.

– Разработать и внедрить систему экономического стимулирования переработки отходов, включая налоговые льготы, субсидии и льготные тарифы на электроэнергию, произведенную из отходов [17].

– Упростить процедуры согласования и получения разрешительной документации для строительства объектов инфраструктуры обращения с отходами.

2. Развитие инфраструктуры.

– Строить современные полигоны ТКО, оборудованные системами сбора биогаза и фильтрата.

– Развивать сеть мусороперерабатывающих заводов, использующих современные технологии.

– Внедрять систему раздельного сбора отходов во всех городах и населенных пунктах.

– Создавать инфраструктуру для переработки органических отходов, включая компостирование и анаэробную переработку.

3. Повышение информированности и общественного участия.

– Проводить информационные кампании для повышения информированности населения о проблемах управления ТКО и способах их решения.

– Вовлекать общественность в принятие решений в сфере управления ТБО.

– Организовывать общественные слушания по проектам строительства новых объектов инфраструктуры обращения с отходами.

– Поддерживать инициативы граждан по раздельному сбору отходов и вторичному использованию материалов.

4. Экономическое стимулирование

– Разработать и внедрить систему экономического стимулирования переработки отходов, включая налоговые льготы, субсидии и льготные тарифы на электроэнергию, произведенную из отходов.

– Установить экономически обоснованные тарифы на услуги по обращению с ТКО.

– Привлекать частные инвестиции в сферу обращения с ТКО путем предоставления государственных гарантий и создания благоприятного инвестиционного климата.

Заключение

Решение проблемы управления ТКО в России требует комплексного подхода, включающего совершенствование развитие инфраструктуры,

повышение информированности населения и экономическое стимулирование. Переход к экономике замкнутого цикла и внедрение наилучших доступных технологий позволят сократить объемы захоронения отходов, минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и улучшить качество жизни населения. Реализация предложенных рекомендаций позволит создать эффективную и устойчивую систему управления ТКО в России.

Список литературы

1. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Ситуация с отходами в московском регионе: планы и реалии (начало) // Твердые бытовые отходы. 2010. № 1 (43). С. 16-21.
2. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Ситуация с отходами в московском регионе: планы и реалии (продолжение) // Твердые бытовые отходы. 2010. №2 (44). С. 27-35.
3. Доронкина И.Г., Борисова О.Н., Гречишкин В.С. Оптимизация процесса утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) // Сервис в России и за рубежом. 2011. № 1 (20). С. 62-67.
4. Гречишкин В.С., Борисова О.Н. Практика переработки твердых бытовых отходов и тенденции развития технологии // В сборнике: Современные проблемы туризма и сервиса. Мат-лы Всероссийской научной конф. аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 128-132.
5. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Эволюция технологических подходов при решении проблемы твердых бытовых отходов // Сервис в России и за рубежом. 2015. Т. 9. № 4 (60). С. 102-111.
6. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Исследование территории заблуждений // Твердые бытовые отходы. 2013. № 7 (85). С. 42-47.
7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Эволюция стратегии управления ТБО // Твердые бытовые отходы. 2014. № 11 (101). С. 12-15.
8. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Юдин А.Г. и др. Принципы Zero Waste: современное прочтение // Твердые бытовые отходы. 2013. № 5 (83). С. 8-11.
9. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Юдин А.Г. и др. Принципы Zero Waste: современное прочтение (продолжение) // Твердые бытовые отходы. 2013. №6(84). С. 8-13.
10. Скобелев Д.О., Марьев В.А., Потапов Г.Г. и др. Создание экотехнопарков – рациональный путь к развитию отрасли комплексной переработки отходов и использования вторичных ресурсов // Экология промышленного производства. 2018. № 2 (102). С. 7-21.
11. Doronkina I.G., Borisova O.N., Malyutin G.V. and other. Safety in ecological tourism // World Applied Sciences Journal. 2014. vol. 30. № 30. pp. 39-40.
12. Shubov L.Y., Borisova O.N., Doronkina I.G. and other. An integrated approach to tourism development and environmental protection // World Applied Sciences Journal. 2014. vol. 30. pp. 30-31.
13. Кузнецова О.В. Тарифное регулирование сферы обращения с твердыми коммунальными отходами // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12. № 2. С. 51-58.
14. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Ненавязчивые советы по наболевшей проблеме // Твердые бытовые отходы. 2014. № 7 (97). С. 15-19.
15. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Утилизация ценных компонентов твердых бытовых отходов // ЖКХ. 2013. № 8. С. 59-64.
16. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Состав ТБО – критерий эффективности схем управления // Твердые бытовые отходы. 2013. № 12 (90). С. 28-33.
17. Доронкина И.Г., Борисова О.Н., Шубов Л.Я. Разработка технологических решений, повышающих эффективность комплексного управления твердыми бытовыми отходами // Сервис в России и за рубежом. 2011. № 8(27). С. 108-120.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО КИРПИЧА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вякина П. А., Лисовская К. А., Хохлова Л. И.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Проблема утилизации строительных отходов и повторного использования материалов становится всё более актуальной в условиях современных экологических и экономических проблем. Строительство представляет собой один из наиболее значимых антропогенных факторов, оказывающих влияние на экологию. Оно загрязняет воздух, почву и воду, а также образует санкционированные и несанкционированные свалки со строительными отходами, возникающими при демонтаже старых промышленных и жилых объектов, а также при изготовлении строительных материалов.

По информации из разных источников [1, 2] на территории России скопилось свыше 80 млрд тонн твёрдых промышленных и бытовых отходов. Каждый год этот объём растёт ещё на 7 млрд тонн, создавая серьёзную опасность для здоровья людей и окружающей среды. Однако лишь 3 % бытовых и 30 % производственных отходов подвергаются утилизации. Остальное либо сжигают, либо отправляют на полигоны. Захоронение несортированных отходов ведёт к утрате до 90 % полезных материалов, востребованных на рынке вторсырья.

С ростом строительства новых зданий увеличивается и количество отходов в результате сноса, а также при отбраковке дефектных изделий непосредственно на заводах. Новые ресурсы и полезные ископаемые постоянно добываются, запуская новый цикл производства. Однако, рециклинг позволит создать замкнутый цикл изготовления стройматериалов. Это уменьшит углеродный след, снизит нагрузку на окружающую среду и снизит затраты на производство новых материалов [3].

В последние годы в мире активно развиваются технологии переработки строительных отходов, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду и эффективно использовать ресурсы. Одним из ярких примеров стал Лю Цзякунь, китайский архитектор, ставший победителем Притцкеровской премии в 2025 году. Лю предпочитает избегать полированных поверхностей и изысканной отделки, отдавая предпочтение натуральным текстурам и несовершенствам, которые формируются годами. Его подход проявляется в использовании местных и переработанных материалов, таких как щебень от землетрясения в Вэньчуане 2008 года.

После данной катастрофы возникли его «кирпичи возрождения», созданные из остатков разрушенных зданий, строительного мусора, соломы и цемента. Эти блоки оказались прочнее и экономичнее оригинальных материалов. Лю Цзякунь применил их при строительстве Музея Шуйцзинфан, многофункционального комплекса West Village и в других своих проектах [4].



Рисунок 1 – Землетрясение в Вэньчуане 2008 г.



Рисунок 2 – Музей Шуйцзинфан - Передний двор



Рисунок 3 – Многофункциональный комплекс в Ченду

Ещё одним успешным примером реализации вторичного использования

материалов является проект CicloBrick компании Wienerberger в Нидерландах. В 2015 году, совместно с голландской компанией New Horizon, занимающейся добычей полезных ископаемых, был создан инновационный облицовочный кирпич. Для его производства используется 20 % керамических отходов, полученных при сносе зданий и местная речная глина. В конце срока его полезного использования натуральный CicloBrick можно повторно использовать, а материал остается в замкнутом цикле [5].



Рисунок 4 – Инновационный облицовочный кирпич CicloBrick

Утилизация строительных отходов представляет собой значимую экологическую и экономическую проблему в современном мире, ведь каждый год образуется свыше 2,5 млрд тонн таких отходов [6]. Например, только в Европе, по данным исследований, ежегодно накапливается более 200 млн тонн строительного мусора, тогда как в России этот показатель составляет от 15 до 17 миллионов тонн, 40 % из которых – кирпичный бой. Однако большая часть (65-70 %) этих отходов не подвергается ни переработке, ни повторному использованию [7].

Почти в каждом городе нашей страны есть множество кирпичных многоэтажных зданий, которые приходят в негодность и подлежат сносу. В результате образуются крупные объёмы бетонного и кирпичного лома. Хотя эти виды материалов и составляют большой процент от всего количества на стройплощадках, их всё ещё рассматривают как обычный строительный мусор и, как правило, вывозят без переработки. Однако на практике бой кирпича может оказаться ценным и экономичным строительным материалом.

Технология производства вторичного кирпича представляет собой сложный процесс:

1. Демонтаж и сборка кирпичей.
2. Очистка и сортировка.
3. Механическое измельчение.
4. Использование в качестве вторичных материалов.
5. Обязательная проверка качества.

Важным фактором при определении свойств кирпича является его материал. Силикатный кирпич отлично поглощает влагу, но быстро разрушается. Бой силикатного кирпича применяют в качестве шумоизоляционного материала и утеплителя. Бой керамического кирпича

отличается низкими показателями поглощения влаги, он обладает достаточно высокой прочностью и огнеупорностью. Шамотный кирпич: обладает прекрасными огнеупорными характеристиками, повышенной прочностью и устойчивостью к агрессивным воздействиям [8].

По данным исследования [9] из табл. 1 и табл. 2 видно, что характеристики бетона из боя кирпича находятся в пределах: прочность на сжатие в возрасте 28 суток составляет 29,7-41,4 МПа, плотность – 1745-1970 кг/м³. Согласно табл. 3 применение керамического кирпичного боя экономически более целесообразно, например, 1 м³ вторичного щебня из кирпичного боя в 2 раза дешевле, чем керамзитовый щебень.

Использование керамического кирпичного боя позволит создать легкий бетон, пригодный как для ремонта и восстановления, так и для капитального строительства. Это также поможет уменьшить экологический след от отходов и освободить землю для новых проектов.

Таблица 1 – Компоненты исследуемого бетона

№	Наименование компонента	Количество, кг
1	Вторичный щебень(ККБ)	2,850
2	Песок	2,875
3	Цемент	2,075
4	Вода (В/Ц)	1,500 (0,7)

Таблица 2 – Сведения по исследованным образцам бетона

№ состава	Расход цемента Ц, кг/м ³	Расход заполнителя. кг/м ³		Расход воды В, кг/м ³	Расход добавки С-3, кг/м ³	В/Ц	Р, кг/м	Прочность на сжатие Р _{сж} , (кН), через сутки		
		Щ	П					7	14	28
I	415	570	760	291	-	0,7	1970	122	298	392
II	415	570	575 (ККБ)	311	-	0,75	1745	116	232	297
III	403	605	610 (ККБ)	262	12	0,65	1790	167	311	414

Таблица 3 – Стоимость 1 м³ различных видов заполнителей

Наименование заполнителя для бетона	Стоимость 1 м ³ , руб.
Щебень гранитный фракции 5-20	1580
Щебень гравийный фракции 5-20	1400
Щебень известняковый фракции 5-20	1200
Щебень керамзитовый фракции 5-20	1500
Щебень вторичный бетонный фракции 5-20	920
Щебень вторичный кирпичный фракции 5-20	770
Кирпичный бой	300

В результате [7-9] можно сделать вывод, что в современной отечественной индустрии строительства керамический кирпичный бой и производственный

брак кирпича используется как часть цементных смесей, бетонов, асфальта и других строительных материалов. Однако проект вторичного кирпича, известный по зарубежному опыту, пока не был масштабно реализован в Российском производстве.

Одним из экономических препятствий для развития рециклинга строительных отходов является тот факт, что хранение отходов на неопределенный срок обходится дешевле, чем их нейтрализация и переработка. Главным результатом влияния этого фактора становится складирование на полигонах не только не перерабатываемых отходов, но и тех, которые могли бы быть использованы повторно.

Среди других проблем, определяющих направления развития рециклинга, необходимо выделить отсутствие экологического подхода к организации строительства у многих руководителей разного уровня управления [9].

Мировой и отечественный опыт [3, 6, 10] показывает, что наиболее рациональным способом утилизации промышленных отходов является их использование в качестве вторичных сырьевых ресурсов для производства различных видов продукции, включая строительные материалы. Использование боя и крошки экономически выгодно, за счет сокращения объема щебня и гравия при замене их кирпичной крошкой. Также готовые конструкции имеют высокую прочность и износостойкость и хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики.

Мы считаем, что на основе мирового опыта и изученных технологий проект вторичного кирпича имеет большой потенциал для отечественного строительства.

В России примеры реализации вторичного кирпича фактически отсутствуют. Исследования практически не проводятся, что существенно тормозит развитие данного направления в строительной отрасли. Существующие нормативные акты носят фрагментарный характер и не формируют целостной системы регулирования данного вопроса.

На сегодняшний день отсутствует единая методика оценки качества вторичного кирпича, что создает сложности при его использовании в строительстве. Отсутствуют четкие технические регламенты по применению переработанного кирпича в различных типах конструкций. Не разработаны стандарты по его классификации в зависимости от прочности, морозостойкости и других характеристик.

Необходимо на государственном уровне создать такие организационно-экономические условия, при которых захоронение отходов станет дороже их переработки. Важно изменить отношение к отходам, воспринимая их не как "строительный мусор", а как продукт жизнедеятельности, который следует активно использовать в качестве вторичного сырья. Это позволит повысить эффективность производства, сохранить природные ресурсы и улучшить экологическую обстановку.

Таким образом, переработка и повторное использования кирпича играет ключевую роль в развитии экологически чистого и ресурсосберегающего строительства, способствуя более рациональному использованию природных

ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Список литературы

1. Чернышев Е.М. Фундаментальные и природные прикладные исследование РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2002 г. // в 2 т.: сб. науч. тр. РААСН // Белгород: Изд-во БГТУ им.В.Г.Шухова. 2008. Т 2. С. 154-179.
2. Максаковский В.П. Географическая картина мира // В 2 кн. Кн. II: Общая характеристика мира. М.: Дрофа. 2007. 480 с.
3. Хадисов В.Х., Хаджиев М.Р. Результаты исследований проблемы строительных отходов и обоснование целесообразности запуска рециклинга // Вестник науки. 2022. Т.4. № 1(46). С. 230-234.
4. Электронный ресурс. URL: <https://archi.ru/world/100721/strategiya-vmesto-stilya>.
5. Электронный ресурс. URL: <https://www.wienerberger.com/en/stories-/2022/20220425-urban-mining.html>.
6. Олейник С.П. Строительные отходы при реконструкции зданий и сооружений // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2016. Т. 3. № 2. С. 3.
7. Керамобетон на основе вторичных заполнителей из кирпичного боя для мелкоштучных стеновых изделий. Дисс. и автореф. канд. наук Хаджиева М.Р.
8. Тагоев Х.У. Магистерская диссертация «Определение прочностных и деформативных параметров тяжелых бетонов на крупных заполнителях из боя кирпича».
9. Батдалов М.М., Хадисов В.Х. Использование кирпичного боя для производства строительных композитов // Вестник ДагГТУ. Технические науки. № 23. 2011_4.
10. Лунев Г.Г. Особенности и факторы, определяющие направления комплексного использования вторичных строительных ресурсов // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. 2020 (2). С. 123-146.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Данилов О. С.¹, Алексейко Л. Н.², Таскин А. В.³, Иванников С. И.⁴

¹ ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского», г. Норильск, Россия

² Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

³ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

⁴ Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия.

Увеличение количества автотранспорта сопровождается ростом производства шин. Вместе с тем, несовершенство законодательной и нормативной базы, отсутствие мотивационной составляющей и дефицит требуемой инфраструктуры для размещения отработанных покрышек приводят к неконтролируемому накоплению данных отходов. Это приводит к возникновению целого ряда социально-экономических и экологических проблем [1].

В силу того, что шина представляет собой эластомер, обладающий сшитой структурой с присутствием значительного количества различных химических добавок и регуляторов, она может разлагаться в природе до 150 лет [2]. Разработку рациональных технологических решений по утилизации осложняют два фактора [3, 4]:

1. Как правило, состав шин является запатентованным, поэтому доподлинно неизвестен действительный состав подобных отходов с химической точки зрения. Обычная шина от легкового автомобиля может включать в себя около 40 типов каучука, полиэстер, металлы, нейлон, текстиль, до 7 типов технического углерода и кроме того несколько десятков разнообразных присадок и химических реагентов. Такой состав автошин очень вариателен по своим свойствам, что значительно осложняет разработку комплексных технологий по утилизации.

2. Отходы автомобильной резины не допускается утилизировать подобно материалам термопластичного характера, так как они относятся к термореактивным соединениям.

Утилизация и переработка автошин, утративших свои потребительские свойства крайне актуальна, поскольку [5, 6]:

1. Наблюдается значительный рост количества шин, обусловленный тем что автопарк в мировом масштабе увеличивается примерно на 1,5 млн машин в год. Это в свою очередь, требует отчуждения новых площадей для хранения дополнительных объемов отработанных автомобильных шин.

2. Скопления шинных отходов формируют значительные ареалы загрязнения природной среды на достаточно длительное время, являются очагом распространения как онкологических заболеваний, так и болезней, переносимых насекомыми.

3. На полигонах с отработанными шинами, как правило, отсутствует

необходимое техническое оснащение, позволяющее их дифференцировать по размеру, установить количество металла, смол, технического углерода и полимерной ткани в них.

4. На полигонах находятся шины различных компаний- производителей, имеющих различный состав, геометрические размеры, находящиеся в разных стадиях разложения.

Согласно [7], в мире накоплено приблизительно от 25 до 40 млн т отработанных автошин, со стабильным увеличением на 7 млн т каждый год (1,5 млрд покрышек). В краткосрочной перспективе (до 2030 г.) прогнозируется, что их количество на мусорных полигонах будет увеличиваться быстрее - до 5 млрд шин, большая часть которых не коснется утилизация или они будут сожжены со значительным ущербом природной среде.

В отношении объемов эластомерных отходов автомобильной промышленности в Российской Федерации, накопленных на настоящий момент, точные данные отсутствуют, однако по оценке руководителя отдела маркетинговых исследований и аналитики инвестиционно-аналитического агентства «Профессиональные комплексные решения» Ситникова Н.А. они могут составлять до 13 млн т. Скорость увеличения объемов данных отходов изменяется от 700000 до 800000 т в год. Например, в 2018 г. – 772000 т, в 2019 г. – 732000 т, в 2020 г. – 749000 т, в 2021 г. – 770000 т. Согласно исследованиям, утилизируется только 36 % от всего объема отработанных автошин (рис. 1), при том, что в мире в среднем этот показатель достигает до 80 %.

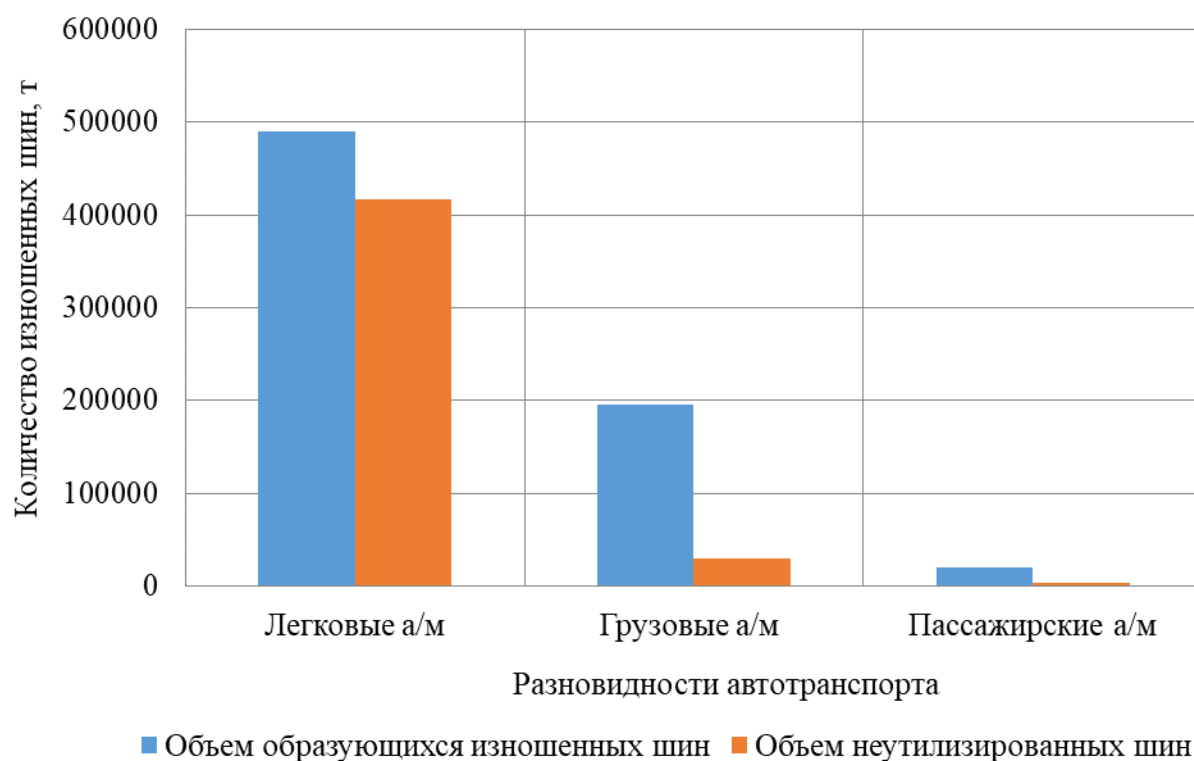


Рисунок 1 – Показатели переработки изношенных автошин в России

По разновидностям (видам транспорта) в объеме рассматриваемых отходов в Российской Федерации лидируют шины от автомобильного

транспорта (более 60 %), на втором месте шины от грузового автотранспорта (около 28 %) и замыкают тройку – отходы от пассажирского транспорта (около 3 %) [8, 9].

Ключевые решения по утилизации и переработке отработанных автошин включают в себя [5]:

- 1) изготовление резиновой крошки с применением криогенного, механического либо иного вида воздействия на них;
- 2) сжигание в цементных печах в целях получения энергии;
- 3) восстановление, а также конверсия отходов посредством химического растворения в органическом растворителе;
- 4) складирование на полигонах отходов;
- 5) продувание (переработка шин с применением озона);
- 6) пиролиз.

Очевидно, что значительная часть из представленных способов утилизации и переработки отработанных автошин вредна с экологической точки зрения [10]:

1. В процессе сжигания рассматриваемых отходов в воздушный бассейн поступает большое количество веществ токсичного характера (например, диоксины, фураны).

2. Отчуждаются значительные площади под хранение отходов. Плюс к этому увеличивается опасность возникновения стихийных пожаров на подобных полигонах. Кроме того, шины, взаимодействуя с водными осадками, растворяют в них определенную часть экологически опасных веществ, что ведет к загрязнению водных ресурсов и почв.

3. Если производится пиролиз изношенных автошин, то выделяется большой объем серы, что вредит природной среде, а само улавливание соединений серы сопряжено со значительными финансовыми издержками.

Несмотря на сопутствующие экологические риски в Евросоюзе в настоящее время преобладающим техническим решением по утилизации отработанных автошин является пиролиз с целью извлечения энергии. Флагманами использования подобной технологии выступают такие страны как Польша и Румыния, в которых до 90 % рассматриваемых отходов термически перерабатывается. Необходимо подчеркнуть, что западные страны следуют предписаниям экологического законодательства ЕС и оснащают технологические комплексы высокоэффективным оборудованием по газовой очистке.

Второй по распространенности технологией выступает измельчение отработанных автошин в резиновую крошку. Лидерами здесь являются (по данным Европейской ассоциации производителей резины и каучука) Финляндия (82 %), Дания (97 %), Эстония (100 %) [10].

В отличие от стран ЕС в Российской Федерации все еще наиболее частым решением является хаотичное захоронение с выбрасыванием отходов “на рельеф”, либо формируя несанкционированные мусорные полигоны.

Структура обращения с шинными отходами в РФ в настоящее время следующая: 63 % – захоронение, 23 % – производство измельченной резиновой

крошки, 13 % – пиролиз, 1 % – восстановление протектора.

Как видно из структуры обращения с отработанными шинами в нашей стране наиболее предпочтительным методом их переработки является получение резиновой крошки посредством механического дробления автошин. На сегодняшний день данное технологическое решение используется на 19 предприятиях соответствующего профиля, более прогрессивные методы получения резиновой крошки применяются на двух заводах: ООО «Экоинвест» (бародеструктивное дробление) и ЗАО «Завод переработки покрышек № 1» [10-12].

На наш взгляд, ключевыми проблемами (недостатками) существующих технических решений по переработке изношенных шин являются :

- 1) высокая техническая сложность реализации;
- 2) большая продолжительность производственного цикла;
- 3) высокая энергоемкость производства;
- 4) высокая нагрузка на экологию.

Вместе с тем, анализ публикаций российских и зарубежных авторов позволяет сделать заключение, что в настоящее время недостаточно внимания уделяется разработке промышленных технологий утилизации изношенных автошин с применением свойств различных видов физических полей (ультразвукового, электромагнитного и т.д.).

Одним из наиболее перспективных видов воздействия на полимерные эластомеры, к которым относятся отработанные автомобильные шины является СВЧ-излучение, позволяющее провести их эффективный энергосберегающий пиролиз с получением высококалорийного газа [13], пиромасел с теплотворной способностью, сопоставимой с нефтяным топливом [14], а также технического углерода [15]. Как отмечают зарубежные исследователи, его применение эффективно в микроволновой девулканизации шин (регенерации с температурой нагрева около 200 °С), потерявших потребительские свойства [16-18].

Уникальными свойствами СВЧ-излучения являются [19]:

- бесконтактное воздействие;
- возможность концентрации энергии в ограниченной зоне пространства и, практически, безынерционная управляемость мощностью, что позволяет локализовать воздействие излучения, а также быстро изменять факторы воздействия при изменении условий пиролиза;
- объемный нагрев;
- объемное распределение источников тепла;
- создание различных режимов нагрева благодаря тому, что поглощение микроволновой энергии происходит сложным образом в зависимости от размера тела и длины волны;
- многократное ускорение различных химических реакций;
- компактность установок электромагнитного микроволнового излучения.

Нами были проведены экспериментальные работы по сжиганию проб отработанной резины (автомобильный транспорт) в микроволновой установке для получения газовых смесей.

Условия проведения экспериментов были заданы следующим образом:

- 1) частота СВЧ-излучения – 2450 МГц;
- 2) мощность СВЧ-излучения – 900 Вт;
- 3) масса навески проб – 500 г (размер частиц резины – 4×4 см);
- 4) время воздействия излучения – 5-10 мин.

В процессе проведения экспериментов наблюдался пиролиз исходного полимерного сырья с выделением газовых смесей, пробы которых были отобраны для анализа на газовом хроматографе марки GC-2010 Plus (Shimadzu, Япония).

Согласно данным хроматографического анализа, в состав проб, полученных газовых смесей входят: непредельные и предельные углеводы, угарный газ, углекислый газ, сероводород, водород. Необходимо отметить, что доля водорода в общей смеси газов повышается с 40 до 62 об. % при увеличении времени облучения с 5 до 10 мин. Это коррелирует с результатами работы российских исследователей [13].

С химической точки зрения наблюдаемое увеличение водорода в газовой смеси связано с особенностями реакций разложения структуры отработанной резины под действием СВЧ-излучения, кардинально отличающихся от протекающих при стандартном пиролизе рассматриваемых отходов.

Водород имеет самую высокую теплотворную способность среди всех видов топлива (120 МДж/кг). На основе этого авторы настоящей работы предлагают следующую принципиальную схему утилизации изношенных автошин с применением электромагнитного СВЧ-излучения (рис. 2).

Принцип работы СВЧ-установки по утилизации шин следующий:

1. Из сырья предварительно удаляется металлический корд, поскольку его присутствие может вызвать появление токов Фуко и выходу СВЧ-установки из строя.

2. Подготовленное таким образом сырье подается в установку, оснащенную соответствующим СВЧ-излучателем (магнетроном) с частотой 2450 МГц и мощностью 50 кВт.

3. Сырье подвергается воздействию СВЧ-излучения (пиролиз резины с получением водорода и иных горючих газов). Согласно патенту [20] возможно утилизировать от 100 до 800 кг изношенных шин с мощностью магнетрона до 14 кВт в течение 5 мин. Указанная мощность магнетрона используется в исследовательских установка, тогда как в производственных возможно использовать более мощные магнетроны (50 кВт и выше), что позволит существенно увеличить объем перерабатываемых автошин.

4. Образовавшийся в результате пиролиза водород с иными горючими газами подается в газовый накопитель (коллектор), а уже оттуда, - в газовый генератор для выработки электроэнергии, которая в дальнейшем подается по замкнутому контуру на питание соответствующего оборудования установки (магнетрон и устройство для извлечения корда).

5. Производится сбор продуктов пиролиза резины – пиромасла и сажи (технического углерода).



Рисунок 2 – Блок-схема работы СВЧ-установки по утилизации шин

Ключевыми преимуществами представленной принципиальной блок-схемы работы установки по утилизации отработанных автошин с использованием СВЧ-излучения по сравнению со стандартным пиролизом являются:

1. Потенциальная возможность утилизации больших объемов отработанных автошин за короткое время.
2. Энергонезависимость установки (получение электроэнергии для работы из энергии сжигания газовой смеси обогащенной водородом). Подача энергии будет нужна только при запуске комплекса для накопления необходимого объема газа в коллекторе, затем установка переходит в замкнутый цикл и не требует внешних источников энергии.

Резюмируя вышеприведенный материал, можно заключить, что применение электромагнитного СВЧ-излучения является перспективной технологией переработки и утилизации отработанных автомобильных шин.

Список литературы

1. B. Wu, M.H. Zhou. Recycling of waste tyre rubber into oil absorbent // Waste Management. 2009. No. 29(1). pp. 355-359.
2. N. Roche, M.N. Ichchou, M. Salvia, A. Chettah Dynamic Damping Properties of Thermoplastic Elastomers Based on EVA and Recycled Ground Tire Rubber // Journal of Elastomers and Plastics. 2011. No. 43(4). pp. 317-340.
3. Мелюк К.И., Карпенко Е.М. Проблемы переработки изношенных автомобильных шин // Мат-лы I Междунар. науч. студен. конф. «Биоэкономика – экономика будущего»,

Минск: БГУ. 2023. С. 34-39.

4. K. Masaki, S.I. Ohkawara, T. Hirano and oth. Devulcanization of nitrile butadiene rubber in nitrobenzene // *Journal of Applied Polymer Science*. 2004. No. 91 (5). pp. 3342-3353.

5. Yu. Shadimetov, D. Ayrapetov Current issues of resource saving in the sphere of automobile transport by disposal of car tires // *Polish Journal of Science*. 2022. No.52. pp. 3-7.

6. M. Hashamfirooz, M.H. Dehghani, M. Khanizadeh and oth. A systematic review of the environmental and health effects of waste tires recycling // *Heliyon*. 2025. Vol. 11. Iss.2. e41909.

7. A.M. Moasas, M.N Amin, K. Khan and oth. A worldwide development in the accumulation of waste tires and its utilization in concrete as a sustainable construction material: A review // *Case Studies in Construction Materials*. 2022. No. 17. e01677.

8. Рынок сбора и переработки изношенных автомобильных шин // Твердые бытовые отходы. 2023. С.35-39. URL: https://news.solidwaste.ru/wp-content/uploads/2023/08/206_Sitnikova.pdf?ysclid=m8gz45gxcj453062719 (дата обращения 18.03.2025).

9. Худякова Т.А., Шмидт А.В., Шмидт С.А. Анализ динамики и перспектив утилизации автомобильных шин в рамках концепции развития умных городов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2019. № 4. С.42-54.

10. Вострикова Е.А., Шишкин И.А. Освещение проблемы переработки автомобильных шин и предложение путей ее решения // Сб. мат-лов XXV Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады. 2020. Кн.2. С. 352-356.

11. Утилизация изношенных автомобильных шин в России. URL: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=596> (дата обращения: 18.03.2025).

12. Шудякова К.А. Утилизация изношенных автомобильных шин в России // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 739-742. URL: <https://moluch.ru/archive/130/35973/> (дата обращения: 21.03.2025).

13. Яцун А.В., Коновалов Н.П., Ефименко И.С. Жидкие продукты пиролиза отработанных автомобильных шин под воздействием СВЧ // Химия твердого топлива. 2013. № 4. С. 60-62.

14. A.C. Yang Lu, F.N. Ani Controlled microwave-induced pyrolysis of waste tires // *International Journal of Technology*. 2016. No. 2. pp. 314-322.

15. A. Undri, B. Sacchi, E. Cantisani, N. Toccafondi Characterization of Carbon from Microwave Assisted Pyrolysis of Tires // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2013. No. 104. pp. 369-404.

16. F.D. de Sousa, C.H. Scuracchio The Role of Carbon Black on Devulcanization of Natural Rubber by Microwaves // *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials*. 2015. No 18(4). pp. 791-797.

17. P.S. Garcia, F.D.B. de Sousa, J.A. de Lima, S.A. Cruz, C.H. Scuracchio Devulcanization of ground tire rubber: Physical and chemical changes after different microwave exposure times // *Express Polymer Letters*. 2015. No. 9(11). pp. 1015-1026.

18. F.D.B. de Sousa, C.H. Scuracchio, G.H. Hu and oth. Effects of processing parameters on the properties of microwave-devulcanized ground tire rubber/polyethylene dynamically revulcanized blends // *Journal of applied polymer science*. 2016. No. 133(23).

19. Диденко А.Н., Зверев Б.В. СВЧ-энергетика. М.: Наука, 2000. 400 с.

20. Способ переработки изношенных шин и/или резинотехнических изделий и устройство для его осуществления: пат. 2361731 РФ. № 2008100981/12 / Коновалов Н.П., Яцун А.В., Коновалов П.Н.; заявл. 09.01.2008; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20. 16 с.

СОЗДАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ

Дружакина О. П., Дзюина Д. Д., Телицына С. И.

ФГБОУ ВО «Удмуртский Государственный Университет», г. Ижевск, Россия

Актуальность исследуемой темы

Автомобильные шины являются важным компонентом транспортных средств, однако их утилизация представляет собой серьезную экологическую проблему. Каждый год в мире выбрасываются миллионы тонн отработанных шин, которые негативно влияют на окружающую среду. Переработка шин помогает не только устранить экологические риски, но и создать новые экономические возможности.

Утилизация отработанных шин является актуальной проблемой современного общества, находящегося на стыке экологических и экономических интересов. С начала 2024 года производство шин в России выросло на 12 %. Общий объем предложения на рынке шин в России составил 58,6 миллиона штук против 52,6 миллиона в 2023 году, что в свою очередь, приводит к росту объема отработанных покрышек, которые требуют эффективного и безопасного обращения. Среднее количество машин в Удмуртии на человека составляет примерно 1,5 автомобиля. В условиях глобальных экологических вызовов, таких как изменение климата, загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов, необходимость в разработке и внедрении эффективных систем утилизации становится особенно важной. Логистика сбора покрышек для переработки в резиновую крошку не только способствует снижению негативного воздействия на природу, но и открывает новые возможности для экономического роста и создания рабочих мест.

Резиновая крошка находит широкое применение в различных отраслях, включая строительство, спорт и производство, что делает ее важным элементом экономики замкнутого цикла [4]. Исследование рынка позволит выявить тенденции и перспективы его развития, а также оценить возможности экономический выгодного пути сбора отходов.

Актуальность работы обусловлена значительным ростом отходов резинотехнических изделий в Удмуртии и необходимостью их переработки наиболее экологическим способом. Автомобильные шины складываются на свалках, мусороприемниках, лежат вдоль дорог, при этом процент переработанных шин не превышает 20-25 %.

Цель работы: разработка предложений по созданию предприятия по переработке автомобильных шин на территории Удмуртии.

Эколого-экономическое обоснование проекта

Экономическая целесообразность проекта обусловлена растущим спросом на продукты переработки шин в различных отраслях. Резиновая крошка востребована в производстве покрытий для спортивных площадок, дорожного строительства, а также в качестве добавки при изготовлении резинотехнических

изделий [8]. Топливо, получаемое из шин, может использоваться в качестве альтернативного источника энергии [6]. Технический углерод находит применение в производстве резиновых смесей и других материалов [10].

Реализация проекта потребует привлечения инвестиций для приобретения оборудования, строительства производственных помещений и организации логистической инфраструктуры. Финансирование может осуществляться за счет собственных средств инвесторов, кредитных ресурсов, а также государственной поддержки в рамках программ по развитию экологически чистых производств.

Предприятие планирует создание новых рабочих мест для местного населения, что будет способствовать повышению уровня занятости и улучшению социально-экономической ситуации в регионе. Особое внимание будет уделено обучению персонала современным технологиям переработки и обеспечению безопасных условий труда.

Перспективы развития предприятия связаны с расширением ассортимента выпускаемой продукции, внедрением новых технологий переработки и освоением новых рынков сбыта [7]. В долгосрочной перспективе предприятие может стать центром компетенций в области переработки отходов резины и внести значительный вклад в устойчивое развитие Удмуртии.

Опыт сбора автопокрышек уже был в городе Ижевске в Ленинском районе работал Экодом регионального оператор Удмуртии «Спецавтохозяйство». За сдачу одной шины жители платили 100-150 рублей (автошины до 20 радиуса – 100 руб., более – 150 руб.). Принимались все типы шин, включая велосипедные и спецтехники. Собранные покрышки вывозились в Чайковский по мере заполнения фуры.

В настоящее время пункт закрыт из-за экономической неэффективности – поскольку в России пока не создана полноценная система сбора шин от населения. Вывозом покрышек, оставляемых на ТКО-площадках, занимаются управляющие компании или местные власти в зависимости от принадлежности территории. Попытки заключить договоры с крупными поставщиками шин не увенчались успехом из-за отсутствия взаимовыгодных условий.

Одним из самых эффективных способов решения данной проблемы является установка мульд для сбора покрышек. Рассмотрим преимущества данного подхода, а также важные аспекты, которые необходимо учитывать при внедрении. Сбор покрышек в специальных мульдах не только помогает минимизировать негативные последствия, но и позволяет перерабатывать материал в новые продукты.

Преимущества установки мульд для сбора покрышек:

1. Удобство для граждан: Установка мульд в доступных местах (например, возле автосервисов, на стоянках или в населенных пунктах) предоставляет гражданам возможность сдать отработанные покрышки без лишних усилий.

2. Сокращение несанкционированных свалок: Наличие специализированных контейнеров уменьшает вероятность того, что автопокрышки окажутся на свалках или в природе.

3. Переработка и вторичное использование: Собранные покрышки будут переработаны в различные продукты, такие как резинотехнические изделия,

топливо или использованы для создания новых дорожных покрытий.

4. Просвещение населения: Установка мульд также может служить способом повышения осведомленности населения о важности утилизации автопокрышек и защитой окружающей среды.

Как организовать сбор покрышек с помощью мульд:

1. *Выбор местоположения.*

При выборе мест для установки мульд важно учитывать, чтобы они находились в местах с высокой проходимостью, чтобы облегчить доступ для граждан и увеличить уровень собираемости.

2. *Информирование населения.*

Оповестите местное население о новых пунктах сбора покрышек с помощью плакатов, социальных сетей и других каналов коммуникации. Будьте на связи с населением для получения отзывов и предложений.

3. *Сотрудничество с переработчиками.*

Необходимо заранее наладить сотрудничество с предприятиями, которые занимаются переработкой покрышек. Это обеспечит эффективный процесс утилизации и повторного использования собранного материала.

4. *Мониторинг и оценка эффективности.*

Ведение учета собранных покрышек поможет оценить, насколько успешным является проект. Регулярно проверяйте состояние мульд и их заполняемость, чтобы гарантировать их эффективность.

Установка мульд для сбора автопокрышек является жизненно важным шагом к эффективному решению проблемы утилизации. Комбинируя удобство, просвещение и переработку, мы можем сделать значительный вклад в защиту окружающей среды и создание устойчивого будущего. Объединив усилия общественности, властей и бизнес-структур, мы сможем справиться с этой экологической проблемой и сберечь природу для будущих поколений.

Предприятие будет включать в себя два производственных цикла:

1. Линия по переработке шины в крошку.

2. Линия по производству изделий из крошки.

При механической переработке изношенные шины не подвергаются воздействию высоких температур, резиновая крошка сохраняет все свои полезные свойства. Благодаря этому ее можно применять в различных областях производства [4].

Основными направлениями сбыта переработанной резины будут:

1. *Крошка.* Продажа крошки в мешках компаниям производителям разного рода продукции.

2. *Строительные материалы.* Производство резиновой плитки, уличных покрытий, кровельного материала с дальнейшей продажей потребителю.

3. *Товары, применяемые в жизни.* Например, сетки для высадки растений, автомобильные коврики, сапоги и галоши.

Также стоит отметить, что продажа крошки менее выгодна, чем продажа готовой продукции.

В ходе осуществления полного производственного цикла, начиная с момента поставки сырья, эксплуатации оборудования и заканчивая реализацией

готовой продукции, имеется вероятность следующих рисков, которые могут причинить ущерб и убытки:

1. Недостаточный объем первоначальных инвестиций. В связи с высокими первоначальными инвестициями может произойти замедление выполнения проекта.

2. Неправильный подбор команды проекта. Данное производство в Удмуртии будет запущенное впервые, поэтому перед началом работы сотрудникам необходимо провести обучение и принять экзамен.

3. Сбои в работе технологического оборудования. Данный риск минимизируется постоянным техническим обслуживанием линии; соблюдением гарантийных условий эксплуатации линии.

4. Нехватка сырья, а также сбои в его поставках.

5. Риск, связанный с экологией. Шины относятся к 4 классу опасности и требуют правильного хранения на территории завода.

6. Затоваривание готовой продукции из-за затруднений в сбыте. Каналов сбыта будет недостаточно для реализации продукции.

7. Порча продукции при хранении. Крошка, упакованная в мешки, хранится в холодном складском помещении. Важно не допускать попадания влаги в резиновую крошку.

8. Открытие конкурентно способного производства на территории Удмуртии или в ближайших регионах.

Рисков при создании предприятия много, необходимо учесть все и минимизировать возможность их наступления.

Вывод

Создание предприятия по переработке автомобильных шин в Удмуртии представляется целесообразным и необходимым шагом для решения экологических проблем и создания новых экономических возможностей. Однако для успешной реализации проекта потребуется комплексный подход, включая привлечение инвестиций, обучение персонала и налаживание эффективной логистики. В перспективе планируется проведение SWOT-анализа проекта при его реализации на территории Удмуртской Республики, что позволит определить вид производимой продукции, пользующейся спросом в регионе. В разработке бизнес-плана проекта с учетом мотивирующих факторов всех участников проекта: органов власти, бизнеса и общественности республики, как с позиции решения природоохранных, так и экономических задач.

Список литературы

1. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

3. Федеральный закон от 01 декабря 2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях».

4. Невядомская А.И., Дериглазов А.А. Утилизация и переработка шин в крошку // Молодой ученый. 2014. № 17. С. 310-313.

5. Бондаренко Е.В., Клищенко В.П., Пославский А.П. и др. Формирование

энергоэффективной технологии утилизации автомобильных шин // Мир Транспорта и технологических машин. 2011. С. 47-52.

6. Родионов А.И. Переработка резиновых шин. Режим доступа: <https://uchebnikfree.com/ekologiya/pererabotka-rezinovyih-shin62921.html> (дата обращения 16.03.2025).

7. Экономический аспект переработки изношенной резины: реалии перспективы в России и за рубежом. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskij-aspekt-pererabotki-iznoshennoy-reziny-realii-i-perspektivy-v-rossii-i-za-rubezhom> (дата обращения 10.11.2024).

8. Оценка экономической эффективности производства строительных материалов на основе регенератной резины. Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-proizvodstva-stroitelnyh-materialov-na-osnove-regeneratnoy-reziny> (дата обращения 22.02.2025).

9. Способы утилизации использованных автомобильных покрышек Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-utilizatsii-ispolzovannyh-avtomobilnyh-pokryshek> (дата обращения 22.02.2025).

10. Российский рынок резиносодержащих отходов. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-rynok-rezinosoderzhaschih-othodov> (дата обращения 10.03.2025).

ПРАВО ГРАЖДАН НА НАДЛЕЖАЩЕЕ ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

Дубовик Д. М.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет им. В.Ф.Яковлева»,
г. Екатеринбург, Россия

За последние десятилетия в России качественным образом изменился уровень жизни населения (по данным Росстата с 1997 по 2017 года превышение доходов населения над расходами увеличилось в 25 раз и цифровых показателях составила 26 989 в 1997 году и 699 217 в 2017 году) [1], и во многом это связано с развитием мировой экономики, появлением новых инновационных технологий производства, активной урбанизацией городов, однако обратной стороной этих процессов является увеличение объема отходов,¹ которые негативным образом влияют на состояние окружающей среды и жизнедеятельность человека.

Следует констатировать, что правовое регулирование сферы обращения с отходами несовершенно. В качестве одной из таких проблем, которой уделено внимание в докладе, является отсутствие в национальном законодательстве России закрепленного субъективного права граждан на надлежащее обращение с отходами.

Традиционно субъектами экологических правоотношений считаются лица, которые являются носителями специальных прав, а также непосредственных обязанностей в экологической сфере [3].

С точки зрения национального законодательства России, особенность субъектного состава правоотношений в сфере обращения с отходами производства и потребления заключается в том, что в настоящее время перечень субъектов такой деятельности в отличие от других актов экологического законодательства в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» не определен.

Граждане как субъекты права на надлежащее обращение с отходами

В эколого-правовой науке правоотношения в сфере обращения с отходами традиционно рассматривались как экологические правоотношения [см. к примеру 4, 5, 6]. В тоже время правоотношения в сфере обращения с отходами многогранны, регулируются различными отраслями публичного и частного права. Внесенные национальным законодателем изменения, направленные на вовлечение отходов во вторичный оборот (переход к экономике замкнутого цикла), требуют адекватного научного осмысления нововведений с позиции субъектного состава таких отношений и их критического анализа.

В настоящее время в Федеральном законе «Об отходах производства и

¹ Согласно сведения, отраженным в Государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды в 2021 г. на территории Российской Федерации образовалось 8448,6 млн т отходов производства и потребления, что на 21,5% выше уровня 2020 г. Долгосрочная динамика образования отходов показывает устойчивую тенденцию увеличения их объема с 2012 г. За период с 2012 г. по 2021 г. совокупная масса отходов, образованных в Российской Федерации, увеличилась в 1,7 раза [2].

потребления» субъекты, задействованные в сфере обращения с отходами, названы по-разному, к примеру:

- лица (физические и юридические лица), в процессе жизнедеятельности которых образуются отходы;

- юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие непосредственную деятельность в области обращения с отходами;

- публичные органы, осуществляющие организационные действия (установление нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, тарифов в области обращения с твердыми коммунальными отходами, коэффициентов, учитываемых при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду);

- публичные органы, осуществляющие контрольно-надзорные функции за соблюдением законодательства в области обращения с отходами и др.

Однако единого унифицированного подхода к определению субъектного состава правоотношений в анализируемой сфере Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» не содержит.

Представляется, что субъектов правоотношений в сфере обращения с отходами необходимо рассматривать через призму осуществления деятельности в области обращения с отходами, в рамках которой субъекты этих правоотношений реализуют широкий круг прав и обязанностей.

Использование именно этого методологического подхода позволит раскрыть специфику субъектного состава рассматриваемых правоотношений, за счет которой всех субъектов можно выделить в следующие группы:

- 1) Граждане, как субъекты субъективного права на надлежащее обращение в сфере обращения с отходами.

- 2) Субъекты деятельности в сфере обращения с отходами.

- 3) Субъекты, организующие деятельность в сфере обращения с отходами.

Такой подход отражает специфику правового регулирования в рассматриваемой сфере, поскольку оно построено таким образом, что изначально хозяйствующий субъект должен видеть себя субъектом именно деятельности по обращению с отходами и последовательно совершать предписываемые в связи с этим действия и оформлять необходимую документацию.

Представляется, что рассмотрение субъектов правоотношений в сфере обращения с отходами необходимо начать именно с человека, поскольку в центре любого правового регулирования должен быть человек.

Данный тезис отстаивался, в том числе И. Кантом, который утверждал, что «Высшей среди ... обязанностей является глубокое уважение права других людей. Наш долг состоит в том, чтобы глубоко уважать право других и как святыню ценить его. Во всем мире нет ничего более святого, чем право других людей. Оно неприкосновенно и нерушимо. Проклятие тому, кто ущемляет право других и топчет его ногами! Право человека должно обеспечивать ему безопасность, оно сильнее всякого оружия и надежнее всех стен.» [7].

Как утверждал С.С.Алексеев, природа права человека, как объективного явления заключается в трех аспектах:

1) Первый (общий) – право людей – это субъективные права человека, которые раскрываются через юридические возможности.

2) Второй (общедемократический) – право призвано защищать человека и личность, в связи с чем ему присущи ограничения и гарантии.

3) Третий (либерально, гуманистически-демократический) – право должно служить человеку и не быть подчинено «праву власти». Указанный аспект раскрывается через «феномен свободы права» [8].

Применительно к сфере обращения с отходами субъективное право граждан на надлежащее обращение с отходами вытекает из конституционного права на благоприятную окружающую среду и права на хорошее управление (good governance), под которым понимается такая организация публичной власти в государстве, при которой правительство ответственно перед гражданами, вовлекает их в процесс управления, организует эффективное использование ресурсов и предоставление публичных услуг [9].

В обобщенном виде, как указывает Талапина Э.В., эта концепция раскрывается через следующие принципы:

1) участие граждан и общественных институтов в управлении публичными делами;

2) верховенство права и защита прав человека, в особенности прав меньшинств;

3) транспарентность публичной власти, предполагающая доступность, достаточность, понятность и контролируемость информации;

4) ориентация на консенсус, то есть на согласование разнообразных интересов для выработки оптимального решения;

5) всеобщность и оперативность предоставления публичных услуг;

6) равенство и включенность всех членов общества, в том числе социально слабым;

7) действенность и результативность использования общественных ресурсов;

8) подотчетность государственных и общественных институтов и бизнеса гражданам [10].

Такой подход на законодательном уровне закреплен в Финляндии. Так, в соответствии с параграфом 20 Конституции Финляндии ответственность за сохранение природы и ее многообразия, окружающей среды и культурного наследия распространяется на всех. Органы публичной власти обязаны создавать условия для обеспечения каждому права на здоровую окружающую среду и возможности оказывать влияние на принятие решений, касающихся его жизненного окружения [11].

Как отмечает Шлямина А.А. это положение также иногда называют основой права окружающей среды (*ymparistoverusoiikeus*), поскольку именно на нем, в сочетании с конституционными правами человека, строится финская концепция отношения к природе: через общую ответственность физических и юридических лиц и органов государственной власти [12].

Вместе с тем, действующее национальное законодательство в области

обращения с отходами не предусматривает у граждан субъективного права на надлежащее обращение с отходами. В целом все законодательство в области обращения с отходами построено через перечисление обязанностей лиц, образующих отходы. Отсутствие данного субъективного права порождает проблемы реализации юридических механизмов, связанных с защитой данного права, получения соответствующих публичных услуг в рассматриваемой сфере и т.д. При этом складывается абсурдная ситуация, при которой у граждан есть право на обращение в соответствующие государственные органы в целях пресечения нарушений в области обращения с отходами (например, обращения, связанные с несвоевременным вывоз ТКО), а с точки зрения реализации права на судебную защиту – такого права нет (граждане могут в судебном порядке только требовать перерасчет по коммунальной услуге – «Вывоз ТКО»).

С учетом изложенного, представляется необходимым законодательное закрепление у граждан субъективного права на надлежащее обращение с отходами, что позволит в принципе сформировать объект права, который подлежит защите, а также будет способствовать развитию национальной правовой доктрины.

Список литературы

1. Официальный сайт Росстата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397> (дата обращения 08.04.2023).
2. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения 08.04.2023).
3. Красов О.И. Экологическое право: учебник. 4-е изд., пересмотр. Москва: НОРМА: ИНФРА-М. 2023. С. 59-64.
4. Бринчук М.М. Экологическое право: учебник // СПС КонсультантПлюс. 2008, Васильева М.И. Субъекты экологических правоотношений // Вестник Московского университета. Серия 11: Право. 2009. № 5. С. 3.
5. Пономарев М.В. Эколого-правовые проблемы обращения с отходами недропользования в Арктической зоне Российской Федерации // Журнал российского права. 2021. № 10. С. 143-156.
6. Абанина Е.Н., Сухова Е.А. Правовое обеспечение экологической безопасности Российской Федерации: состояние и перспективы развития: монография. М.: Юстицинформ, 2022. С. 80-92 и др.
7. Кант И. Из лекций по этике. Этическая мысль. М. 1988. С. 306.
8. Алексеев С.С. Самое святое, что есть у Бога на земле. Иммануил Кант и проблемы права в современную эпоху: монография. М.: Норма: ИНФРА-М. 2019. С. 270-274.
9. Гриценко Е.В. Право на хорошее управление в условиях цифровой трансформации // Сравнительное конституционное обозрение. 2022. № 4. С. 15-36.
10. Талапина Э.В. Государственное управление: проблемы и перспективы правового регулирования // Законы России: опыт, анализ, практика. 2015. № 4. С. 84-90.
11. The Constitution of Finland. Helsinki: The Parliament of Finland; The Ministry for Foreign Affairs; The Ministry of Justice, 2001 (неофиц. перевод). 167 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.finlex.fi/fi/laki/kaannokset/1999/ru19990731.pdf> (дата обращения 01.05.2023).
12. Шлямина А.А. Принципы «хорошего государственного управления» в сфере экологии в Финляндской Республике // Административное право и процесс. 2020. № 5. С. 68-71.

БИОПРЕПАРАТ ИНСЕКТИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ «КИСЕТ» НА ОСНОВЕ ОТХОДА ТАБАЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Жмакова Н. А.¹, Пилюк Я. Э.¹, Макарова Н. Л.¹, Лукашевич Т. Н.²

¹Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

² РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино,
Республика Беларусь

В Республике Беларусь функционируют три промышленных предприятия по переработке табака, значительная часть которого при дроблении табачных листьев превращается в пылевидную фракцию, являющуюся отходом производства. Ежегодно ОАО «Гродненская табачная фабрика «Неман», СП «Табак-инвест», ОАО «Интер Тобакко» перерабатывает более 20,5 тыс т табака, значительная часть которого уходит в отходы в виде табачной пыли (около 1200 т) и поступает на городские полигоны промышленных отходов. Разработка эффективных технологий его экологобезопасной утилизации является важной практической задачей.

Одним из направлений использования табачной пыли является создание на ее основе препаратов инсектицидного действия для защиты растений от вредителей. Применение в растениеводстве таких препаратов из сырья растительного происхождения в настоящее время является актуальной задачей в связи с высокой антропогенной нагрузкой химических средств защиты растений на агроэкосистемы.

К основным органическим соединениям табака относятся углеводы (2,0-15 %), азотистые соединения, в том числе белки (5,0-17 %) и алкалоиды (1-6 %); органические кислоты (5,0-17,0 %); эфирные масла (0,09-1,37 %), смолы (2-17 %) [1-3]. В составе табачного сырья в значительном количестве представлены и минеральные соединения (7-24 %). Химический состав отхода табачного производства – табачной пыли мало отличается от состава табачных листьев.

Алкалоиды табака, основными из которых являются никотин, анабазин и норникотин, обладают инсектицидным действием. При этом на долю никотина приходится 95-97 % всех алкалоидов.

В Институте природопользования НАН Беларуси разработана технология получения биопрепарата «Кисет» путем химической переработки табачной пыли, при которой в раствор переходят не только алкалоиды, но и другие биологически активные соединения табака. При этом параллельно процессу извлечения основных органических составляющих происходят также вторичные реакции меланоидинообразования с получением жидкого препарата «Кисет», обладающего сочетанным инсектицидным и ростстимулирующим действием.

Инсектицидная активность препарата обусловлена присутствием в его составе никотина, а действующими биологически активными веществами являются переходящие в раствор природные органические соединения табака, а также вещества меланоидиновой природы, образующиеся в результате

вторичных реакций конденсации соединений, имеющих аминогруппу, в частности, аминокислот, с редуцирующими углеводами и карбонильными соединениями неуглеводного характера по реакции Майяра [4]. В соответствии с литературными данными меланоидины обладают высокой биологической активностью, а также мембранотропным действием, ускоряя поступление в клетку других соединений.

Кисет представляет собой однородную непрозрачную жидкость зеленовато-коричневого цвета, хорошо растворимую в воде, удельная плотность жидкого препарата составляет 1,029 г/см³, рН 10,5. Массовая доля сухих веществ – 82,1 г/л, органических – 60,0 г/л.

В составе Кисета определено содержание основных групп биологически активных соединений (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание основных групп химических соединений в препарате «Кисет»

Компоненты препарата	Содержание компонентов	
	в препарате, г/л	% на ОВ
Органические вещества	60,00	100,00
Минеральные вещества	22,10	-
Никотин	1,60	2,67
Меланоидины	38,46	64,10
Фенольные соединения	1,75	2,92
Органические кислоты	9,75	16,25

Содержание никотина в препарате «Кисет» – 1,60 г/л, или 2,67 % в пересчете на органическое вещество. По химическому строению никотин является азотсодержащим соединением, у которого азот входит в состав двух связанных между собой гетероциклических ядер – пиридинового и пирролидинового. По воздействию на живые организмы никотин - алкалоид нервно-паралитического действия.

Массовая доля меланоидинов в Кисете составляет 38,46 г/л или 57,74 % от общего содержания органических веществ препарата. Суммарное содержание свободных фенольных соединений составляет 1,75 % от суммы органических веществ. Соединения фенольного строения – важная группа биологически активных веществ природного происхождения – фенолкарбоновые кислоты, флавонолы, ароматические альдегиды, спирты и др. Они являются конституционной частью многих растений и могут переходить в раствор при химическом воздействии, пополняя разнообразие биологически активных соединений этого класса в получаемом продукте. Массовая доля органических кислот в растворе препарата «Кисет» составляет 9,75 г/л или 16,25 % от суммы органических веществ.

Таким образом, исследование состава препарата «Кисет», полученного химической переработкой табачной пыли, выявило присутствие в нем значительных количеств никотина, обладающего инсектицидным действием, а также наличие других биологически активных веществ – низкомолекулярных карбоновых кислот, фенольных соединений, меланоидинов, которые могут оказывать ростстимулирующее действие на растения.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проведены двухлетние полевые регистрационные испытания препарата «Кисет» на яровом и озимом рапсе по защите от комплекса вредителей. Рапс в настоящее время является основной масличной культурой Беларуси и подвержен особенно сильному воздействию вредоносных насекомых, на его защиту в Беларуси используется 60-70 % всех закупаемых инсектицидов [5].

Показана эффективность использования биопрепарата «Кисет» против комплекса вредителей в посевах ярового и озимого рапса (табл. 2)

Таблица 2 – Биологическая эффективность биопрепарата «Кисет» против вредителей рапса

Вид рапса	Семенной рапсовый скрытнохоботник		Рапсовый цветоед		Капустный комарик	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Озимый	82,1	78,9	75,2	70,7	59,1	53,7
Яровой	69,2	70,6	75,9	69,0	57,8	68,2

Биологическая эффективность препарата против рапсового цветоеда составила 65,2-70,7 % на озимом рапсе и 52,6-75,9 % – на яровом, против семенного скрытнохоботника – 78,9-82,1 и 69,2-70,6 %, семенного капустного комарика – 41,3-68,2 и 41,3-53,7 %, соответственно.

Применение биопрепарат «Кисет» оказало большое влияние на повышение урожайности и качества маслосемян ярового и озимого рапса, табл. 3, 4.

Таблица 3 – Влияние биопрепарата «Кисет» на урожайность маслосемян рапса

Вариант	Урожайность, ц/га		Прибавка к контрольному варианту			
			ц/га		%	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
яровой рапс						
Без обработки	22,8	25,8	-	-		
Биопрепарат Кисет	27,2	30,3	4,4	4,5	19,3	17,4
НСР ₀₅	1,55	1,42				
озимый рапс						
Без обработки	31,4	27,7				
Биопрепарат Кисет	38,2	33,0	6,8	5,3	21,7	19,1
НСР ₀₅	1,82	1,76				

Применение биопрепарата «Кисет» обеспечило увеличение урожайности маслосемян озимого рапса на 19,1-21,7 %, а ярового – на 17,4-19,3 % и способствовало повышению содержания масла в семенах рапса озимого на 1,1-1,8 % или на 2,5-4,4 % (в относительном выражении), рапса ярового – на 1,0-2,4 % или на 2,5-6,2 % (в относительном выражении) по сравнению с контролем и не повышало содержание глюкозинолатов, негативно воздействующих на организм человека и животных.

Таблица 4 – Влияние биопрепарата «Кисет» на химический состав семян рапса

Вариант	Содержание, %					
	Сырого жира		Сырого белка		Г люкозинолатов	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
яровой рапс						
Без обработки	40,6	39,0	22,6	25,9	0,50	0,56
Биопрепарат Кисет	41,6	41,4	21,9	25,5	0,42	0,55
НСР05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,04	0,03
озимый рапс						
Без обработки	41,3	44,3	23,1	21,7	0,56	0,64
Биопрепарат Кисет	43,1	45,4	23,2	21,6	0,54	0,63
НСР05	0,14	0,16	0,05	0,08	0,03	0,01

Биопрепарат «Кисет» прошел государственную регистрацию, включен в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» и выпускается на одном из предприятий Республики Беларусь.

Таким образом, на основе неиспользуемого отхода табачного производства разработана технология получения биопрепарата инсектицидного действия «Кисет», который защищает растения ярового и озимого рапса от комплекса вредителей, положительно влияет на урожайность и качество получаемой продукции и не оказывает негативного воздействия на окружающую природу.

Список литературы

1. Писклов В.П., Кочеткова С.К., Дурунга Н.А. Сравнительный анализ химического состава табачного сырья // Известия ВУЗов. Пищевая технология. Краснодар. 2012. № 56. С. 20-24.
2. Дон Т.А., Миргородская А.Г., Шкидюк М.В. Исследование некурительной никотинсодержащей продукции // Новые технологии. Краснодар. 2019. вып. 2. С. 40-45.
3. Плотника Т.В., Миргородская А.Д., Шураева Г.П. Применение отходов табачного производства в качестве средства защиты сельскохозяйственных культур от вредителей // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (56). С. 153-158.
4. Дамберг Б.Э. Реакция меланоидинообразования и ее биологическое значение // Изв. АН Латвийской ССР. 1976. т. 1. С. 97-105.
5. Пилук Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания). Минск: Бизнесофсет. 2007. 240 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

Игнатченко П. П., Пашкевич М. А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Введение

Загрязнение окружающей среды отходами производства в настоящее время выступает одной из важнейших проблем. Наибольший негативный вклад в загрязнение окружающей среды вносят предприятия по добыче и переработке полезных ископаемых. Опасность при эксплуатации объектов накопления отходов объясняется загрязнением воздушного бассейна прилегающей территории, инфильтрацией загрязняющих веществ с территории хранилища в подземные воды, нарушением целостности сооружений и т.д. Данные факторы приводят к снижению продуктивности земельных угодий и ценности ландшафтов, а также уменьшению видового разнообразия флоры и фауны, увеличению заболеваемости населения.

Только за период с 2020 по 2023 гг. количество хранящихся отходов добычи полезных ископаемых на территории Российской Федерации увеличилось почти на 30 %. При этом за 2023 год в результате добычи нерудных полезных ископаемых образовано 347,8 млн т отходов, а утилизировано лишь 82,9 млн т [1, 2].

Данная статистика позволяет сделать выводы о том, что даже с учетом существующего разнообразия решений по использованию отходов, необходима разработка новых способов утилизации, позволяющих обеспечить большую вовлеченность отходов в процесс переработки.

Существующие способы обращения с хвостами полевошпатowego производства

В настоящее время все способы обращения с хвостами обогащения полевошпатowego сырья можно условно разделить на 4 основных направления:

- 1) дообогащение хвостов и получение полевошпатowego концентрата;
- 2) производство строительных материалов;
- 3) производство удобрений;
- 4) совместная утилизация с другими отходами.

Дообогащение отходов может производиться с помощью процессов выщелачивания, биовыщелачивания, повторной флотации хвостов при помощи существующих мощностей предприятия [3-8]. Все перечисленные процессы направлены на удаление темноокрашенных примесей в виде железа и титана и получение товарного продукта – полевошпатowego концентрата. Однако в результате дообогащения хвостов образуются уже вторичные отходы – таким образом, данное направление не позволяет обеспечить полную утилизацию хвостов, а лишь сокращает количество складироваемых отходов.

Производство строительных материалов является самым востребованным направлением использования отходов обогащения нерудных полезных

ископаемых, поскольку из данного сырья возможно изготовление заполнителей бетона, строительной керамики, строительного щебня, стекла, асфальтобетона, облицовочных материалов, пенокерамики и т.д. [9-13]. Все это многообразие обусловлено высоким спросом на стройматериалы в связи с ускоренным развитием строительной индустрии. Несомненным преимуществом данного направления утилизации полевошпатовых отходов является отсутствие необходимости добычи нового нерудного сырья, сопровождающегося выводом из хозяйственного оборота значительных площадей земель.

Зарубежными авторами рассматривались возможности производства калийных удобрений непосредственно из полевого шпата [14-16], однако исследований по их производству из полевошпатовых хвостов не проводилось. Тем не менее, исходя из усредненного химического состава отходов обогащения полевого шпата данное направление исследований можно считать перспективным. Стоит учесть то, что эта тема исключительно актуальна для стран, не располагающих собственными сырьем для производства калийных удобрений, а Россия в число таких государств не входит.

Интересным способом переработки рассматриваемых хвостов является совместная утилизация с другими отходами производства. Существуют исследования в области утилизации хвостов обогащения полевого шпата с красным шламом и фосфогипсом [17, 18]. В результате утилизации с красным шламом, образующимся в результате переработки алюминиевых руд, получают такой функциональный строительный материал, как пенокерамика. Красный шлам содержит большое количество элементов, таких как алюминий и кальций, в то же время, полевошпатовый шлам содержит большое количество кремнезема, что делает их смесь потенциальным материалом для керамических изделий.

Проводились исследования по утилизации фосфогипса и калиевого полевого шпата посредством кальцинации [18]. Причем присутствие калиевого полевого шпата значительно увеличивает скорость разложения фосфогипса за счет наличия в его составе оксида кальция. Опять же, стоит отметить значительное количество оксида кальция и в полевошпатовых хвостах, что означает его потенциальное использование при утилизации фосфогипса вместо полевого шпата.

Данное направление переработки сразу нескольких отходов производства является многообещающим, однако лимитирующим фактором в организации этого процесса без ущерба для экономической составляющей является непосредственная близость производств этих отходов, что позволит сэкономить средства на транспортировку рассматриваемых отходов до места переработки.

Производство пенокерамики из полевошпатовых хвостов

Несмотря на все разнообразие видов строительных материалов, производимых из хвостов обогащения нерудного сырья, пенокерамика является более универсальной в применении, поскольку обладает низкой плотностью, высокой ударной вязкостью, большой удельной поверхностью, устойчивостью к тепловому удару, благоприятными акустическими и теплоизоляционными свойствами, низкой диэлектрической проницаемостью [19]. Благодаря этим

свойствам пенокерамика может использоваться во многих сферах, что обеспечивает возрастающий интерес и высокий спрос на такую продукцию со стороны потребителей.

Большая часть исследований по переработке полевошпатового шлама приходится на ученых из Китая, где проблема устранения объектов накопления отходов обогащения стоит особенно остро, а поскольку пенокерамика является материалом, имеющим комплексное применение, научные работы посвящены именно ей. Во всех исследованиях пенокерамику получают при помощи прямого вспенивания, смысл которого состоит в добавлении к смеси из минерального сырья вспенивающего агента с последующем спеканием [20]. В предложенных способах утилизации полевошпатовый шлам является одним из компонентов наряду с пенообразователем, в качестве которого выступает обычно карбид кремния или натрия [21-24], а обжиг ведется при температурах от 1000°C до 1200°C.

Применимость данного направления утилизации полевошпатовых хвостов напрямую диктуется их составом. Например, в результате производства полевошпатового концентрата на одном из отечественных предприятий образуются хвосты с составом, приведенным в табл. 1.

Таблица 1 – Состав отходов обогащения полевошпатового сырья

Компонент	Содержание, масс.%
SiO ₂	50,20
Al ₂ O ₃	19,00
Fe ₂ O ₃	4,20
Na ₂ O	7,70
K ₂ O	6,10
CaO	3,65
TiO ₂	1,00
MgO	1,10

Как видно из таблицы, данные отходы характеризуются преимущественным содержанием кремнезема и оксида алюминия, что означает потенциальную возможность их использования в качестве минерального сырья для производства пенокерамики.

Также при использовании отходов в качестве сырья для производства стройматериалов необходимо убедиться в отсутствии их токсического воздействия на окружающую среду и в их радиологической безопасности.

В результате проведения биотестирования отходов обогащения полевого шпата было подтверждено отсутствие токсического действия пробы и отнесение данных отходов к отходам 5 класса опасности. В соответствии с проводимыми радиологическими исследованиями по данным предприятия хвосты обогащения соответствуют материалам, используемым в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях.

Следовательно, такие отходы могут использоваться в качестве исходных материалов для изготовления пенокерамических изделий без дополнительных стадий обработки по понижению класса опасности.

В результате проведения предварительных экспериментов по

изготовлению пенокерамики из рассматриваемых отходов были получены образцы, представленные на рис. 1.



Рисунок 1 – Внешний вид образцов пенокерамики

В дальнейшем будут определены физико-механические показатели получившихся образцов, а также оптимальные параметры изготовления данного строительного материала (оптимальные соотношения пенообразователя и отходов, температура спекания для получения удовлетворительных результатов и т.д.).

Заключение

Проблема утилизации хвостов обогащения полевого шпата является актуальной ввиду недостаточной изученности отечественными исследователями и презумпции их условной экологической безопасности по сравнению с отходами обогащения рудных полезных ископаемых.

Утилизация хвостов решает комплекс важных задач: снижение негативного воздействия на окружающую среду; сокращение занимаемых отходами площадей; получение экономической выгоды от реализации полученных из отходов продуктов.

Перспективным направлением утилизации полевошпатовых хвостов является производство такого универсального материала, как пенокерамика. Необходимо провести дальнейшее определение свойств изготовленных образцов, а также определение оптимальной рецептуры.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSRW-2023-0002 Фундаментальные междисциплинарные исследования недр Земли и процессов комплексного освоения георесурсов).

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ им. М.В.Ломоносова. 2021. 864 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества. 2024. 707 с.
3. Zhan J., Lu J., Wang D., Liu Z., Guo K., Xie B. Scalable recycling of feldspar slime into high-quality concentrates by removal of colored minerals using the combined beneficiation processes. Separation and Purification Technology. 2023. vol. 309. no. 123061.
4. Li F., Jiang X., Zuo Q., Li J., Ban B., Chen J. Purification Mechanism of Quartz Sand by Combination of Microwave Heating and Ultrasound Assisted Acid Leaching Treatment. Silicon.

2021. vol. 13. no. 2. pp. 531-541.

5. Arslan V. Comparison of the Effects of *Aspergillus niger* and *Aspergillus ficuum* on the Removal of Impurities in Feldspar by Bio-beneficiation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2019. vol. 189. no. 2. pp. 437-447.

6. Baila F., Labbilita T., Darmane Y. Feldspar Purification from Iron Impurities: A Review of Treatment Methods. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 2023. vol. 45(6). pp. 564-572.

7. Pariyan K., Hosseini M.R., Ahmadi A., Zahiri A. Optimization and kinetics of oxalic acid treatment of feldspar for removing the iron oxide impurities. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*. 2020. vol. 55. no. 10. pp. 1871-1882.

8. Dhawan N., Agrawal S. Recovery of Metallic Values from Feldspar by Mechanical and Thermal Pretreatment Followed by Acid Leaching. *Mining, Metallurgy and Exploration*. 2022. vol. 39. no. 4. pp. 1597-1610.

9. Gou M., Zhou L., Then N.W.Y. Utilization of tailings in cement and concrete: A review. *Science and Engineering of Composite Materials*. 2019. vol. 26. no. 1. pp. 449-464.

10. Мелконян Р.Г. Экологические проблемы использования техногенного сырья в производстве силикатных материалов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S1. С. 499-510.

11. Fuertes V., Reinoso J.J., Fernandez J.F., Enriquez E. Engineered feldspar-based ceramics: A review of their potential in ceramic industry. *Journal of the European Ceramic Society*. 2022. vol. 42. no. 2. pp. 307-326. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2021.10.017.

12. Дмитрак Ю.В., Комащенко В.И., Дзеранов Б.В. Минеральные отходы горного производства-строительной индустрии // Технологии бетонов. 2017. №. 11-12. С. 44-47.

13. Лыгина Т.З., Лузин В.П., Корнилов А.В. Техногенные отходы нерудного сырья в производстве строительных материалов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. №. 4 (42). С. 303-313.

14. Tanvar H., Dhawan N. Recovery of potash values from feldspar. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*. 2020. vol. 55. no. 7. pp. 1398-1406.

15. Jena S.K. A Review on Potash Recovery from Different Rock and Mineral Sources. *Mining, Metallurgy and Exploration*. 2021. vol. 38. no. 1. pp. 47-68.

16. Tanvar H., Dhawan N. Kinetic and thermodynamic study of potassium recovery from silicate rocks. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy*. 2022. vol. 131 no. 1. pp. 1-13.

17. Xia F., Cui S., Pu X. Performance study of foam ceramics prepared by direct foaming method using red mud and K-feldspar washed waste. *Ceramics International*. 2022. vol. 48. no. 4. pp. 5197-5203. DOI: 10.1016/j.ceramint.2021.11.059.

18. Lu D., Chen Q., Li C., Gong S. Effect of potassium feldspar on the decomposition rate of phosphogypsum. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2021. vol. 96. no. 2. pp. 374-383.

19. Chen Y., Wang N., Ola O., Xia Y., Zhu Y. Porous ceramics: Light in weight but heavy in energy and environment technologies. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. Elsevier, 2021. vol. 143. no. 100589. DOI: 10.1016/J.MSER.2020.100589.

20. Pokhrel, Ashish, Seo, Dong, Lee, Seung, Kim, I.J. Processing of Porous Ceramics by Direct Foaming: A Review. *Journal of the Korean Ceramic Society*, 2013, vol. 50. pp. 93-102. DOI: 10.4191/kcers.2013.50.2.093

21. Method for preparing foamed ceramic by using ceramic production waste. China patent CN112759412A. 2021 May 07.

22. High-iron type full-tailing-based foamed ceramic thermal insulation material and preparation method thereof. China patent CN113387717B. 2022 Nov. 04.

23. Production method of foamed ceramic with high fire-resistant limit performance. China patent CN110606755A. 2019 Dec. 24.

24. Method for manufacturing high-strength foamed ceramic. China patent CN112209735A. 2021 Jan. 12.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ

Керимова Т. Х., Валиева А. Р.

Университет Одлар Юрду, Баку, Азербайджан

Введение

Более 90% бумажно-картонной продукции, производимой сегодня в мире, получают из древесного сырья. Представляется очень трудным получить большое количество древесного сырья, которое потребуется бумажной промышленности в будущем, из лесов, которые уже были в той или иной степени уничтожены.

Поскольку целлюлоза уже присутствует и легко доступна в виде волокна в просроченных и неактивных бумажных изделиях, ее можно получить очень просто и экономично из древесных и травянистых растительных (лигноцеллюлозных) материалов без необходимости длительных и дорогостоящих методов производства целлюлозы. В целом, создание и функционирование перерабатывающих мощностей [1, с. 16]:

- Может быть выполнен с меньшими затратами.
- Может эксплуатироваться с меньшим потреблением энергии и эксплуатационными расходами.
- Производство может быть продолжено с меньшим ущербом для окружающей среды.
- Проблемы твердых бытовых отходов могут быть значительно снижены за счет утилизации бумажных отходов.



Рисунок 1 – Утилизация бумажных отходов

Таким образом, некоторые изделия из картона могут быть экономически выгодно произведены из переработанных целлюлозных волокон в качестве альтернативы заводам по производству древесной целлюлозы, которые требуют очень высоких инвестиционных и эксплуатационных затрат.

Растет интерес к переработке макулатуры и сегодня макулатура стала объектом международной торговли. В частности, Соединенные Штаты экспортируют значительные объемы макулатуры в некоторые страны Ближнего Востока и Азии, которые нуждаются в ней из-за очень высокого уровня сбора.

Вторичная целлюлоза может использоваться отдельно или добавляться в древесную массу в определенных пропорциях при производстве бумажно-картонных изделий разных классов качества. С этой точки зрения, в результате растущего интереса к охране природных лесных ресурсов и просвещению общества, волокна на основе макулатуры в той или иной степени стали использоваться во многих используемых нами бумажных изделиях [2, с.19]. Согласно исследованию, проведенных в Соединенных Штатах, вторичная целлюлоза от переработки была классифицирована на пять различных категорий на основе качественных характеристик.

Макулатура, используемая в производстве видов целлюлозы, классифицируется следующим образом:

- старые коробки из гофрокартона, коричневая бумага на основе крафт-целлюлозы и оберточная бумага;
- старые газеты, журналы и журнальные газеты, бумаги с опечатками и надпечатками, взятые из газетной типографии;
- офисы, жилые дома, учебные заведения и т.д. цветная бумага, конверты, печатные журналы и каталоги, а также смешанная бумага, включая упаковочную бумагу и картон для пищевых продуктов;
- старые ноутбуки, распечатки компьютерных принтеров: макулатура, богатая химической пастой, собранная во время кампании, обычно такого качества, что может быть переработана после удаления чернил, и отпечатки, взятые из центра обработки данных для старых ноутбуков.

Рынок переработанной целлюлозы не зависит от рынка древесной массы, и рыночные условия могут варьироваться в зависимости от местоположения завода, центра потребления и характеристик транспортировки.



Рисунок 2 – Переработанная целлюлоза

Некоторые недостатки макулатуры при переработке

Во многих научных источниках подробно описываются экономические и экологические выгоды, которые могут быть достигнуты путем переработки

макулатуры. О преимуществах, которые можно получить в результате переработки бумажных и картонных изделий, кратко сказано выше. Однако стремительный рост переработки бумаги в мире принес с собой и некоторые проблемы. Поэтому эти потенциальные проблемы следует рассмотреть очень тщательно.

Некоторые возможные негативные ситуации, которые могут возникнуть, мы кратко поясним ниже.

Доступность использованных бумажных отходов: в связи с развитием науки и техники в бумажной промышленности, особенно в области механизации, наблюдается большой прогресс. Сегодня вновь установленные бумагоделательные машины способны производить сотни тонн бумаги в сутки [3, с.190].

В связи с этим необходимо внимательно отнестись к негативным факторам, которые могут возникнуть в поставках макулатурных ресурсов, что позволит в дальнейшем этим объектам работать круглогодично. Однако не следует забывать, что очень сложно собирать и транспортировать один и тот же вид бумаги на перерабатывающие предприятия в очень больших количествах, например, в тысячи тонн одновременно.

Грязь и нежелательные вещества: это самая большая проблема при переработке отходов и макулатуры картонных изделий. Так как в процессах переработки очень сложно сортировать и в то же время перерабатывать бумагу, содержащую загрязняющие вещества, такие как пластик, материалы для нанесения покрытий горячим расплавом, чувствительные к давлению клеи, чернила, средства для нанесения поверхностных покрытий и связующие вещества. Кроме того, потребность в высоком проценте переработанных волокон еще больше усложняет эту ситуацию.

Норма переработки остатков: высокие потери волокна (10-40 %) происходят при переработке макулатуры, особенно при удалении чернил. Кроме того сточные воды имеют высокую долю вредных для окружающей среды химических веществ, особенно от установок по обработке чернил.

Прочностные свойства волокон: При каждом процессе переработки целлюлоза подвергается механическому разложению, даже до умеренной степени, и часть ее удаляется в виде мелких фракций волокон в пульпе в процессе просеивания и очистки [4, с.176].

В результате прочность мякоти немного снижается с каждым процессом переработки. Эта негативная ситуация усугубляется процессами удаления чернил.

Высокая стоимость: растущие затраты на химикаты, энергию и макулатуру вынуждают производителей постоянно искать более дешевые альтернативные источники волокна.

Использование недревесных лигноцеллюлозных растительных материалов (травянистых растений) в бумажной промышленности в последние годы увеличилось, и ожидается, что использование этих лигноцеллюлозных ресурсов в бумажной промышленности в будущем еще больше возрастет. Точно так же некоторые быстрорастущие породы деревьев выращиваются специально

для бумажной промышленности (особенно сосновые породы) и предпринимаются усилия по снижению себестоимости производства целлюлозы из древесины. В связи с этим будущие колебания цен на бумажные отходы могут вызвать трудности в конкуренции с ценой на древесную массу.

У нас в стране образовано 3778,2 тысячи тонн отходов, или на 9,4 % больше, чем в предыдущем году, из них 68,3 % составили твердые бытовые отходы, а 31,7 % – различные виды отходов, образовавшихся в результате производственной деятельности предприятий [6].

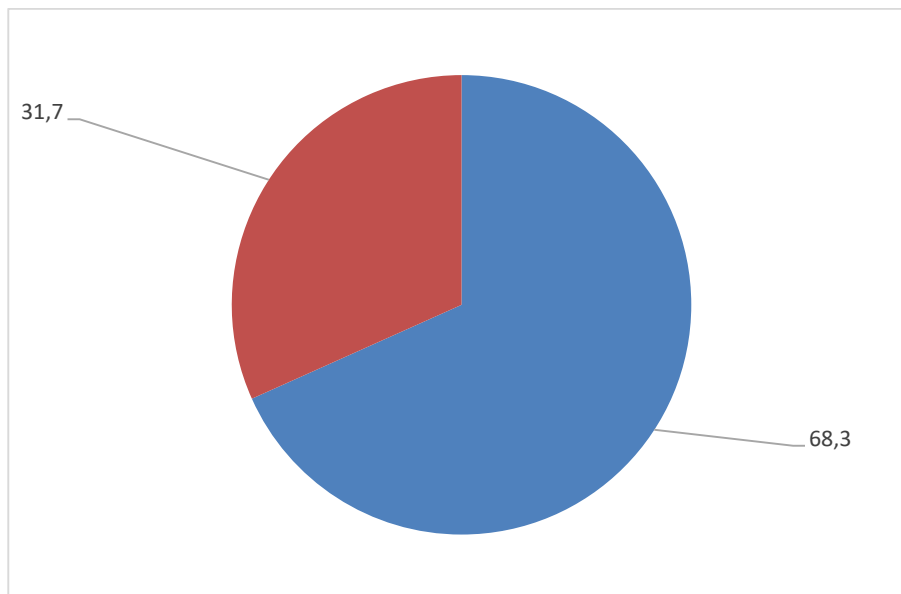
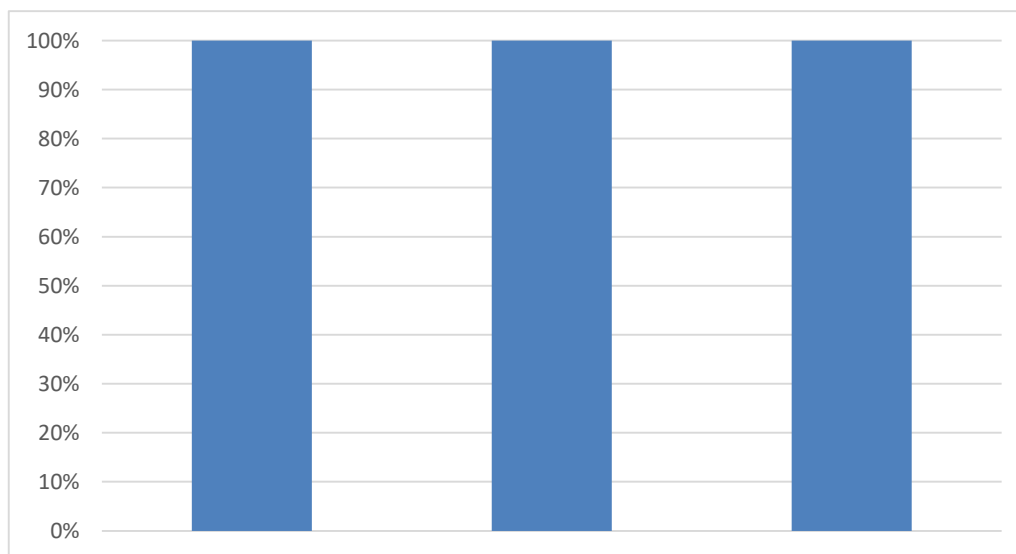


Рисунок 3 – Разные виды отходов в Азербайджане

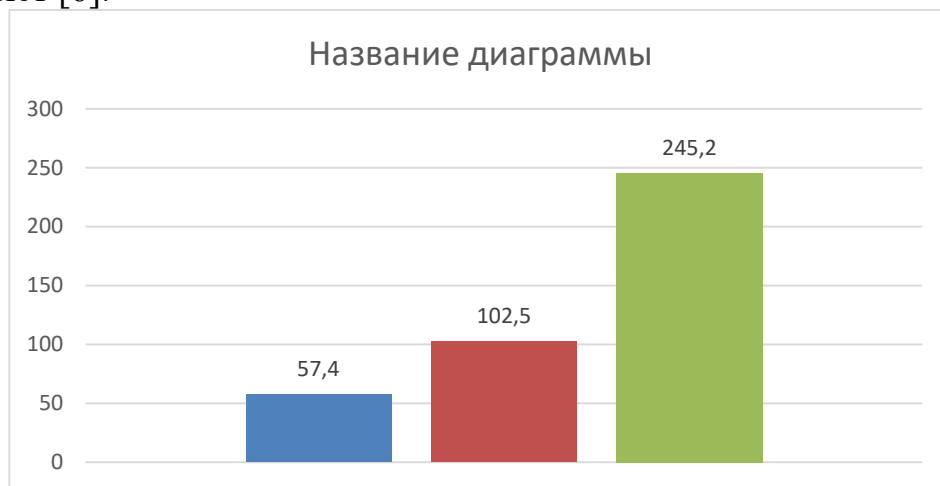
Из образовавшихся в последние годы 2581,2 тысячи тонн твердых бытовых отходов 78,3 % были вывезены на полигоны для утилизации, 21,3 % использовано для производства энергии, а 0,4 % реализовано внутри страны. За счет использования бытовых отходов произведено 193,2 млн кВтч или на 3,7 % меньше электроэнергии, чем предыдущие годы [6].



Процесс удаления чернил при переработке макулатуры

Рисунок 4 – Использование отходов

В результате производственной деятельности предприятий в настоящее время образовано 245,2 тысячи тонн опасных отходов, а их доля в общем объеме отходов составила 6,5 %. 57,4 % отходов образовалось на предприятиях горнодобывающей промышленности, большая часть которых приходится на долю предприятий, расположенных в городе Баку. В предыдущем году было полностью обезврежено 102,5 тыс тонн опасных отходов, включая остатки прошлых лет [6].



1. 57,4-создано на предприятиях горнодобывающей промышленности.
2. 102,5-Опасные отходы полностью нейтрализуются.
3. 245,2-Образовались опасные отходы.

Рисунок 5 – Инвентаризация отходов

Восстановленные вторичные волокна в основном используются для производства бумаги низкого качества. В связи с этим процесс обесцвечивания применяется только в тех случаях, когда желательно получение высококачественной бумажной продукции. Чернила и красители в бумажных и картонных изделиях можно классифицировать по многим признакам. Однако в этом процессе, как правило, необходимо учитывать химические составы и формы заявок.

Чернила, используемые сегодня в журналах, книгах, газетах, плакатах, брошюрах и т.д., называются печатными или типографскими красками. В этих отпечатках используется серия чернил, называемых трихромными цветами (голубой, пурпурный, желтый и черный – ГПЖЧ). В целом, печатные краски состоят из 4 различных основных компонентов [5].

По данным источника [3, с. 25]:

- Пигменты: компоненты, придающие чернилам цвет.
- Растворители: компоненты, регулирующие текучесть чернил.
- Связующие вещества: компоненты, обеспечивающие адгезию цветного вещества (пигмента) к бумаге-картону, подлежащему печати,
- Активные ингредиенты: соединения, которые позволяют использовать чернила при печати в соответствии с условиями окружающей среды.

В частности, макулатура, которая будет использоваться для очистки краски, максимально разделяется по типу в сборных пунктах. Так как бумаги со схожими характеристиками должны быть переработаны вместе, чтобы добиться



Рисунок 6 – Схема 1: Печатные краски

максимального успеха в переработке. Однако при классификации бумаг особого класса, таких как копировальная бумага, бумага с интенсивным воском, калька, обложки журналов и т.д. Из-за своих свойств они не подходят для чистки чернил. Их можно смешивать с другими бумажными изделиями для переработки без удаления краски [5].

Заключение и рекомендации

Сбор бумажно-картонных изделий, которые стали не пригодны и перешли в не рабочее состояние, стали твердыми отходами для окружающей среды. Повторное использование в производстве бумажных и картонных изделий предоставляет множество положительных и экономически эффективных методов производства. Вместо волокон, используемых в производстве бумаги, можно использовать целлюлозу, полученную только из макулатуры. В частности, в развитых странах были проведены интенсивные исследования по переработке макулатуры, что достигло значительного прогресса. Изучение исследований, проводимых в мире по данной тематике, и составление соответствующих планов может помочь решить сырьевую проблему бумажной промышленности и в нашей стране.

Список литературы

1. Бирманн С.Д. Основы целлюлозной и бумажной промышленности. Academic Press. Inc. Сан-Диего, США. 2014. 400 с.
2. Бранкато А.А. Влияние прогрессивной переработки на поверхностные свойства целлюлозного волокна. Кандидатские диссертации. Институт технологии Джорджии, Джорджия. США. 2008. 116 с.
3. Броерен. Новые технологии, экономические выгоды дают толчок использованию вторичного волокна Лос-Анджелес, 1991. В: «Переработка бумаги, стратегии, экономика и технология», Кен Л.Патрик, (ред.), Miller Freeman Inc., Сан-Франциско, ABD, 670 с.
4. Кэти К., Гест. Макулатура, серия путеводителей Pira. Antony Rowe Ltd. Чиппенхэм. Уилтшир. Англия. 1991. 134 с.
5. Клар Э.Д., Гамильтон Ф.Р., Кляйнау Д.Х. Экономика вторичного волокна, в: «Вторичные волокна и недревесная целлюлоза», М.Й. Кочурек, (ред.), Tappi Press, Атланта, Джорджия. 1990. 458 с.
6. [Электронный ресурс]: <https://stat.gov.az/news/index.php?id=5197&lang=az>. (дата обращения 1.05.2025).

ПОЛУЧЕНИЕ ОБОГАЩЕННЫЙ СУПЕРФОСФАТ НА ОСНОВЕ РАЗЛОЖЕНИЯ КЫЗЫЛКУМСКИЙ ФОСФОРИТ СО СМЕСЬЮ СЕРНОЙ И ФОСФОРНОЙ КИСЛОТ

Косимов.Д.М¹, Намазов.Ш.С¹, Бадалова.О.А¹, Сейтназаров.А.Р¹, Расулов.А.А²

¹Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент (Узбекистан)

²Наманганский государственный университет, Наманган, (Узбекистан)

Из научно-технической литературы можем знать, что проблеме переработки Кызылкумских фосфоритов на различные виды фосфорсодержащих комплексных удобрений посвящено очень много работ. Большинство из них направлено на изучение процессов получения простого и двойного суперфосфата, азотосодержащий фосфорный удобрений и активированных фосфорсодержащих удобрений.

На территории Узбекистана основным источником фосфатного сырья являются зернистые фосфориты Кызылкумского месторождения. По данным геологоразведки, утверждённые запасы фосфатной руды, залегающей на глубинах до 50 метров и пригодной для открытой разработки, сосредоточены на трёх участках: Джерой-Сардара, Северный Джетымтау и Караката. Совокупный объём утверждённых запасов составляет 384,413 млн тонн руды со средним содержанием P_2O_5 около 19,5 %, что эквивалентно 74,96 млн тонн P_2O_5 [1].

В условиях постепенного истощения запасов высококачественного фосфатного сырья наблюдается устойчивая тенденция к вовлечению в переработку менее обогащённых фосфоритовых руд (с содержанием P_2O_5 в пределах 15–20 %) и крайне низкосортных апатитовых руд (4–8 % P_2O_5). В этой связи ключевым направлением развития фосфатной промышленности становится эффективное обогащение малосортных фосфатных, в особенности фосфатно-карбонатных руд, на долю которых приходится до двух третей мировых запасов [2]. Наряду с этим, актуальной технической задачей остаётся разработка и промышленное внедрение эффективных технологий производства фосфорсодержащих удобрений на основе низкокачественного сырья.

В настоящее время на Кызылкумском фосфоритовом комбинате в ходе промывки фосфатной муки с целью удаления хлоридов образуется дополнительный вид сырья – мытый сушёный концентрат (МСК). Указанный продукт представляет собой промежуточную фосфоритную продукцию, которая далее направляется на получение мытого обожжённого концентрата посредством термической обработки при температуре 950-1000 °С.

На основе проведённых исследований установлено, что использование мытого сушёного концентрата (МСК) в сочетании с экстракционной фосфорной кислотой (ЭФК) позволяет получать как аммофосфат, так и сульфоаммофосфат. Экспериментальные работы выполнялись в термостатируемом цилиндрическом реакторе, оснащённом винтовой мешалкой. Температура в реакторе поддерживалась на уровне 65 °С, а продолжительность процесса разложения после завершения загрузки фосфатного сырья составляла 45 минут. По

окончании процесса пульпу аммонизировали до уровня pH 3,8 с последующей сушкой продукта.

Соотношение ЭФК: МСК варьировалось в пределах от 100: 10 до 100: 30 по массе. Добавление 5-7,5 % серной кислоты (H_2SO_4) к фосфорной кислоте способствовало активизации процесса разложения фосфатного сырья, что обеспечивало получение сульфоаммофосфатов с повышенным содержанием усвояемой и водорастворимой формы фосфора (P_2O_5). Так, при массовой доле МСК 30 и добавлении 5 и 7,5 % H_2SO_4 получены следующие характеристики продукта: содержание общего P_2O_5 – 37,6 и 34,47 %; общего CaO – 24,11 и 22,06 %; отношение усвояемого P_2O_5 к общему – 88,75 и 96,4 %; отношение водорастворимого P_2O_5 к общему – 77,39 и 79,54 %; содержание азота – 6,03 и 7,08 % соответственно [3].

Суть предлагаемого нами способа заключается в разложении (МСК) мытый сушёный концентрат (P_2O_5 – 21,24 %) со смесью фосфорной и серной кислот; частичной аммонизации и разделении пульпы на жидкую и твердую фазы; грануляции и сушки твердой фазы с получением обогащенного суперфосфата; до аммонизации жидкой фазы аммиаком с получением очищенного жидкого азотного фосфорного удобрения для капельного внесения либо базисного раствора для жидкого NPK-удобрения. Таким образом, в одном технологическом цикле можно получить одновременно два вида продукта.

В экспериментах в качестве исходных материалов использовали МСК (вес. %): 21,24 P_2O_5 ; 48,76 CaO ; 0,60 MgO ; 0,63 Fe_2O_3 ; 0,92 Al_2O_3 ; 3,18 $SO_{3\text{общ.}}$; 10,20 CO_2 ; $CaO : P_2O_5 = 2,29$; 6,55 н.о., экстракционная фосфорная кислота (ЭФК) производства АО «Аммофос-Махат» (вес. %): 18,48 P_2O_5 ; 0,34 CaO ; 0,15 MgO ; 0,45 Fe_2O_3 ; 0,45 Al_2O_3 ; 2,98 $SO_{3\text{общ.}}$ и 93,5 %-я H_2SO_4 .

Опыты проводились следующим образом: в термостатированный стакан заливали определенное количество смеси кислот и при постоянном перемешивании мешалкой туда медленно дозировали навеску МСК. При этом массовое соотношение ЭФК : $H_2SO_{4\text{мнг}}$: МСК равнялось 100 : 5 : 10 и 100 : 5 : 15. Продолжительность взаимодействия компонентов составляла 45 минут при 70 °С. Затем кислые фосфорнокислотогипсовые пульпы нейтрализовали 25 %-ным аммиачным раствором до pH = 3,0. После чего их разделяли на жидкую и твердую фазы методом фильтрации под вакуумом. Оставшийся на фильтре осадок высушивали вместе с фильтровальной бумагой в сушильном шкафу, сначала при 60 °С, затем при 90 °С до постоянной массы. Фильтрат, то есть жидкая фаза перерабатывается на жидкое комплексное удобрение. Продукты анализировались на содержание различных компонентов по общепринятым методикам.

Состав обогащенной суперфосфат получен при соотношении ЭФК : $H_2SO_{4\text{мнг}}$: МСК = 100:5:10 (вес. %): $P_2O_{5\text{общ.}}$ – 27,59; $CaO_{\text{общ.}}$ – 16,36; $SO_{3\text{общ.}}$ – 22,59; $P_2O_{5\text{усв.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ по лим. к-те = 97,75; $P_2O_{5\text{усв.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ по трил. Б = 96,97; $P_2O_{5\text{водн.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 82,31; $CaO_{\text{усв.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 98,23; $CaO_{\text{водн.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 67,36; N – 5,52; pH продукта - 3,35; а при соотношении 100:5:15 $P_2O_{5\text{общ.}}$ – 27,60; $CaO_{\text{общ.}}$ – 18,49; $SO_{3\text{общ.}}$ – 20,10; $P_2O_{5\text{усв.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ по лим. к-те = 95,14; $P_2O_{5\text{усв.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ по трил. Б = 94,02; $P_2O_{5\text{водн.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 79,96; $CaO_{\text{усв.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 99,18; $CaO_{\text{водн.}}$:

$\text{CaO}_{\text{общ.}} = 67,76$; N – 4,04; pH продукта – 3,60.

Таким образом из твердой части пульпы получен обогащенный суперфосфат с содержанием не менее 27,50 % P_2O_5 и 4,0-5,5 % N, вполне пригодной для применения под зябь в качестве одинарного фосфорного удобрения. Продукт состоит в основном из дигидрата сульфата кальция, моноаммонийфосфата, моно- и дикальцийфосфата, кварца и активированного фосфорита.

Список литературы

1. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Фосфориты Центральных Кызылкумов и их переработка. Ташкент: ФАН. 2013. 460 с.
2. Фосфаты в XXI веке. Алматы, Тараз, Жанатас. 2006. 201 с.
3. Расулов А.А. Технология получения обогащенного суперфосфата и комплексных удобрений на основе фосфорнокислотной переработки Кызылкумских фосфоритов: дисс. докт. техн. наук. Ташкент: ИОНХ АН РУз, 2020. 120 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ КОМПСТИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ: ПИРОУГЛЯ И КУРИНОГО ПОМЕТА

Курицин И. Н., Ахметзянова Л. Г.

Институт экологии, биотехнологии и природопользования КФУ, г. Казань, Россия

Компостирование считается одним из основных методов переработки органических отходов (осадков сточных вод, навоза и помёта), который ведет к развитию устойчивого сельского хозяйства, поскольку именно компостирование позволяет получать экологически безопасные грунты, обладающие плодородием. В процессе компостирования органических отходов, микроорганизмы используют имеющиеся органические соединения для получения энергии и увеличения своей биомассы, также при компостировании выделяется углекислый газ и метан, что является одним из основных путей миграции углерода из массы компоста. Интенсивность эмиссии напрямую связана со скоростью разложения органического углерода и минерализацией органических веществ микробами.

В последнее время имеется ряд исследований по поиску эффективной стратегии для сокращения потерь углерода при компостировании, например, использование добавок. Ученые отмечают, что сокращение потерь углерода за счет оптимизации параметров процесса имеет важное значение в секвестрации углерода. В технологии производства компоста в промышленных масштабах используют технологии активного компостирования, которые подразумевают периодическое воздействие на процесс компостирования с целью его интенсификации. В нашем случае, это внесение в помёт дополнительных микроорганизмов, пиролизного угля и ворошение. Результатом этих действий ожидается существенное ускорение процесса компостирования, уменьшение потерь питательных веществ, снижение выбросов.

Для получаемых в результате компостирования субстратов традиционно проводят экспериментальную оценку степени опасности, которая базируется на принципиальных положениях методологии гигиенического нормирования загрязнений среды обитания человека, а также включает методы, допущенные для целей государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Экспериментальный метод позволяет определить класс опасности субстрата, как единого целого, с учетом комбинированного, комплексного действия его компонентов и продуктов их трансформации на здоровье человека и среду его обитания. Схема оценки опасности обязательно включает оценку токсичности методами биотестирования на гидробионтах и высших растениях [1].

Целью данной работы является получение полезного продукта из отходов птицефабрики и осадков сточных вод, экспериментальная оценка степени его опасности по методологии гигиенического нормирования состояния среды обитания человека, а также включает методы, допущенные для целей государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Для выполнения поставленной цели в эксперименте проводили компостирование смесей органических субстратов: пироуголя и помета куриного.

Методы исследований

Подстилочный куриный помет получен с птицефабрики напольного содержания кур. В качестве подстилки использованы древесные опилки. Для активизации процесса компостирования при формировании бурта произвели добавку пироуголя в объеме 10%.

Укладку помета в бурт на площадке компостирования осуществили с использованием фронтального погрузчика на базе трактора Беларус 82.1. Масса компостной смеси, сформированной в один бурт, составила 28 т. Линейные размеры имели значения: высота – 1,10 м, ширина – 3,00 м, длина – 24 м. Для реализации эксперимента произвели заложение трех буртов. Масса компостной смеси, задействованной в опыте, и линейные размеры буртов позволяют создать приближение к реальным масштабам и условиям использования данного метода обработки отходов птицефабрики.

В процессе компостирования для аэрации компостной смеси был использован ворошитель BACKUS 16.30. Ворошение бурта производили каждые три дня. Продолжительность компостирования составила 29 дней.

В ходе компостирования для контроля процесса компостирования непосредственно на площадке проводили инструментальные замеры температуры и влажности компоста в средней толще буртов. Измерение температуры произведено портативным электронным термометром с длинным щупом, влажности – измерителем влажности (Moisture Analyzer типа "Эвлас – 2М").

Осуществляли отбор проб, анализ содержания агрохимических компонентов и количественный химический анализ по следующим компонентам: углерод общий, углерод органический, pH, азот общий, азот аммонийный, фосфор общий, калий общий, содержание тяжелых металлов в отобранных образцах (Pb, Cu, Cd, Ni, Cr, Zn).

По окончании процесса компостирования произвели биотестирование проб компоста на гидробионтах и растениях, расчет класса опасности и токсичности образцов [2].

Экотоксикологические исследования на водных организмах (биотестирование) характеризуют уровень токсикологической опасности. В экспериментах на гидробионтах необходимо применять не менее 2-х тест-объектов из разных систематических групп (дафний и инфузорий, цериодафний, бактерий и т.п.). Класс опасности определяется по достоверному эффекту воздействия на гидробионты водного экстракта отхода с учетом разведения, при котором этот эффект наблюдается.

Острое токсическое действие исследуемой пробы на инфузорий (*Paramecium caudatum*), определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит

гибель 50% и более особей парameций за 1 час в исследуемой пробе, при условии, что в контроле гибель не превышает 10 % [3].

Острое токсическое действие исследуемой пробы на цериодафнии (*Ceriodaphnia affinis*) определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более особей парameций за 48 часов в исследуемой пробе, при условии, что в контроле гибель не превышает 10 % [4].

Для определения острой токсичности исследуемой пробы рассчитывается процент погибших в тестируемом разведении тест-объектов (А, %) по сравнению с контролем. При А меньше 10% тестируемая вытяжка не оказывает острого токсического действия. Это значение используется для расчета безвредной кратности разбавления. При А больше 50% вытяжка оказывает острое токсическое действие. Этой величиной руководствуются при установлении класса опасности отходов.

Оценка опасности по фитотоксическому действию проводится экспресс-методом на проращивание семян. В качестве индикаторов токсичности используются семена сельскохозяйственных растений. Рекомендованными тест-растениями являются овес и ячмень. Тест-растением в эксперименте являлся овес (*Avena sativa*) [5].

Фитотоксическое действие считается доказанным, если в эксперименте зафиксирован фитотоксический эффект - статистически достоверное ($p < 0,05$) торможение роста корней проростков растений под влиянием водного экстракта отхода. Оценку опасности отхода по фитотоксическому действию водных экстрактов образцов отхода растений проводят экспресс-методом (экспозиция 72 ч) по торможению развития корней растений, которое не должно превышать 20 %.

Показателем фитотоксической опасности отхода является среднеэффективное разведение экстракта (ER50), вызывающие торможение роста корней на 50%. Класс опасности отхода по ER50, устанавливается в соответствии с критериями, представленными в СП 2.1.7.1386-03.

Качество получаемых органических грунтов (почво-грунтов) оценивали согласно ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель [8].

Результаты

Исходные компоненты и конечный продукт были проанализированы по агрохимическим показателям и на содержание загрязняющих веществ. По количественным химическим показателям, образцы имели нейтральную или слабощелочную реакцию среды. Исходная влажность пироугля составляла 2,9%. Исходная влажность подстилочного помета составляла 48%, усредненное значение влажности компостной смеси в буртах к концу эксперимента составила 44%, потеря влаги составила около 2%. Образец пироугля, использованного в компостировании, характеризовался повышенным содержанием кадмия и хрома, превышающим ПДК и фоновое содержание этого элемента в почвах [6,7].

Токсичность исходных вытяжек в отношении инфузорий для компоста составила 100 %, для пироугля – 9 %, проба не оказывала острое токсическое действие.

Кратность разбавления вытяжек до концентрации, не оказывающей токсического действия, в отношении инфузорий (БРК10) для компоста составила – 7,46 раза. Летальная кратность разбавления (ЛКР50) для компоста составила 2,2 раза.

Токсичность исходных вытяжек в отношении цериодафний для пироугля составила 68,8%, для компоста – 100%.

Кратность разбавления вытяжек до концентрации, не оказывающей токсического действия в отношении цериодафний (БКР10) для пироугля имела следующие значения – 2,5, для компоста – 17,7.

Токсичность в отношении растений исходных вытяжек для пироугля составила 58,6 %, для компоста 18,2 %.

Кратность разбавления вытяжек до концентрации, при которой фитоэффект равен 50 % (ЕР50) для пироугля составила 1,3 раза, для компоста разбавление не требуется.

Согласно Приказу Минприроды от 4 декабря 2014 г. N 536 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» исследуемые отходы по значениям кратности разведения водной вытяжки из отхода отнесены к IV классу опасности ($1 < \text{БКР} < 100$).

Согласно СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» по значениям среднеэффективного разведения экстракта (ЕР50), вызывающие торможение роста корней на 50 % исследуемые пробы отнесены к IV классу опасности.

Компостные смеси на основе куриного помета с добавлением пироугля были обследованы на предмет соответствия ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия» в части санитарно-гигиенических показателей. По результатам обследований можно сделать вывод, что полученный компост с добавлением пироугля соответствует на ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия» в части санитарно-гигиенических показателей.

В ходе эксперимента обнаружена стимуляция роста корней тест-растений овса посевного (*Avena sativa*), что связано с наличием в составе тестируемого компоста с добавлением пироугля растворенных биогенных элементов, а также легко доступного органического вещества.

В связи с наличием удобрительных свойств полученные компосты целесообразно рассмотреть в качестве грунтов для рекультивации.

Согласно ГОСТ Р 54534-2011 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель» возможно их использование в качестве материала для технической рекультивации нарушенных земель и в качестве почвогрунтов для

биологической рекультивации [8]. Ниже приведены требования к продуктам переработки (табл.6).

Таблица 1 – Показатели свойств продуктов переработки осадков сточных вод при использовании для рекультивации нарушенных земель

Наименование показателя	Норматив ГОСТ Р 54534-2011 при использовании		Результаты
	для технической рекультивации	для биологической рекультивации	компост куриного помета с добавлением пироугля (10%)
Класс опасности для окружающей среды	IV, V	IV, V	IV
Массовая доля сухого вещества, % не менее	45	35	55,9
Массовая доля золы на сухое вещество, % не менее	65	65-85	44,9
Водородный показатель солевой вытяжки, ед.рН	5,0-8,5	5,0-8,5	6,97
Массовая доля азота, % на сух. в-во, не менее	Не нормируется	0,5	5,67
Массовая доля фосфора, % на сух. в-во, не менее	Не нормируется	1,5	4,2
Ртуть, мг/кг сух. в-ва не более	30	15	<0,2
Хром, мг/кг сух. в-ва не более	2000	1000	88,9
Свинец, мг/кг сух. в-ва не более	1000	500	10,6
Кадмий, мг/кг сух. в-ва не более	60	30	4,55
Никель, мг/кг сух. в-ва не более	800	400	27,8
Медь, мг/кг сух. в-ва не более	1500	750	131,6
Цинк, мг/кг сух. в-ва не более	7000	3500	44,8
Мышьяк, мг/кг сух. в-ва не более	40	20	<0,4

Согласно результатам проведенных исследований образцы компоста соответствуют требованиям ГОСТ Р 54534-2011 и могут быть использованы для технической и биологической рекультивации лесохозяйственного, природоохранного и санитарно-гигиенического направления, при добавлении вяжущих материалов (минеральной составляющей) для увеличения зольности.

Внесение продуктов переработки осадков в обедненные почвы способствует снижению концентрации загрязняющих веществ, улучшению механического состава, обогащению органическими и гумусовыми веществами, интенсификации процессов самоочищения, повышению буферной емкости почв и влагоудерживающих свойств почв и в конечном итоге – восстановлению почвенного плодородия.

Список литературы

1. Приказ Минприроды от 4 декабря 2014 г. N 536 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
2. СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

3. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных вод, сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum*. ФР.1.39.2006.02506. ПНД Ф 14.1:2:3.13-06: методика допущена для целей государственного экологического контроля.

4. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний: Федеральный реестр (ФР): ФР. 1.39.2007.03221: методика допущена для целей государственного экологического контроля.

5. Методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.

6. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

7. Приказ Министерства экологии и природных ресурсов РТ «Об утверждении региональных нормативов «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан» от 30 декабря 2015 года N 1134-п/

8. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТКО МЕТОДОМ ЛИТИФИКАЦИИ

Матвеева В. А., Куликова Ю. А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Развитие цивилизации сопровождается непрерывным ростом образования твердых коммунальных отходов (ТКО). Ежедневно в мире увеличивается доля используемых упаковочных материалов, количество пришедших в негодность автомобильных покрышек и различного крупногабаритного мусора. На сегодняшний день основным методом обращения с ТКО во многих странах мира остается их сбор и транспортировка на полигоны с последующим складированием и накоплением [1]. Так, по данным Росстата² в 2023 году на территории Российской Федерации было образовано порядка 46 млн т ТКО, из которых свыше 80 % было захоронено на свалках. Это приводит к выведению на длительный срок из хозяйственного оборота земель, занятых под складирование отходов.

Помимо отчуждения земельных площадей, полигоны ТКО представляют собой источник образования и распространения газообразных токсичных веществ и пыли, а также токсичных сточных вод – фильтрата [2]. Так в атмосферу выделяются такие газы, как оксиды азота, диоксиды серы и углерода, метан, аммиак, сероводород и их производные [3]. Перечень загрязняющих веществ в фильтрате достаточно широк, он включает в себя различные соединения тяжелых металлов, соли, галогены, а также ряд токсичных трудноокисляемых органических веществ [4].

Наибольшее негативное воздействие на объекты природной среды оказывает фильтрат, мигрирующий через почвогрунты в поверхностные и подземные воды и распространяющийся на значительные расстояния от полигона хранения ТКО [5]. Образование фильтрата происходит при эксплуатации полигонов ТКО в результате протекания в теле массива биологических и физико-химических процессов разложения под воздействием атмосферных осадков, а также за счет собственной влажности складироваемых отходов [6]. Состав фильтрата, отличающийся разнообразием и непостоянством, включает обширный список поллютантов, содержание которых зачастую в сотни раз превышает ПДК (табл. 1).

² Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году». М.: Минприроды России, 2024. 707 с.

Таблица 1 – Показатели фильтрата полигонов ТКО

Показатель	Диапазон значений	ПДК*
pH	4,5-9,0	6,5-9,0
БПК ₅ , мг O ₂ /л	20-40000	4
ХПК, мг O ₂ /л	500-60000	15
Сухой остаток, мг/дм ³	500-10000	1500
Cl ₂ , мг/дм ³	200-5000	350
SO ₄ , мг/дм ³	10-1700	500
NO ₃ , мг/дм ³	0,1-50	45,0
NO ₂ , мг/дм ³	0-25	3,0
NH ₄ , мг/дм ³	30-3000	1,5
Na, мг/дм ³	50-4000	200
Ca, мг/дм ³	20-2500	180
Mg, мг/дм ³	40-1150	50
Fe, мг/дм ³	3-500	0,3
Cu, мг/дм ³	4-1400	1,0
Cd, мг/дм ³	4-950	0,001
Hg, мг/дм ³	0,2-50	0,0005
Co, мг/дм ³	0,5-140	0,1
Cr, мг/дм ³	30-1600	0,05
Pb, мг/дм ³	8-1020	0,01
Zn, мг/дм ³	0,03-120	5,0
Ni, мг/дм ³	20-2050	0,02
Mn, мг/дм ³	0,03-65	0,1
Al, мг/дм ³	0,1-10,0	0,2

* Предельно допустимые концентрации в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Высокое содержание загрязнителей различного генезиса в фильтрате полигонов ТКО создают необходимость разработки комплексного подхода к его очистке и обезвреживанию. Существующие технологии очистки фильтрата соответствуют методам очистки сточных вод [7]. К таким методам относятся механические, физико-химические, химические и биологические методы очистки, а также их комбинации. Каждый из методов способствует очистке фильтрата от определенных классов загрязнителей и имеет свои как положительные, так и отрицательные стороны. Эффективная очистка фильтрата достигается применением комплексных технологий, сочетающих в себе несколько категорий методов. Однако комбинирование методов имеет свои недостатки, среди которых можно выделить повышенную стоимость, сложность обеспечения процесса очистки и образование крупных объемов побочных отходов. Данный фактор обуславливает необходимость разработки альтернативных методов утилизации фильтрата, одним из которых является технология отверждения фильтрата путем его смешивания с вяжущими материалами [8]. Данный метод стабилизации получил название литификации фильтрата полигонов ТКО.

До настоящего времени рассматривались различные способы литификации фильтрата – смешивание с цементом, сланцевой золой и золой от

сжигания ТКО в качестве вяжущего материала (Язев А.В., Милютин Н.О., Аверьянова Н.А. и др. Литификация фильтрата полигона ТКО как способ его утилизации // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 6. С. 36-41). Развитие данного направления очистки затруднено в связи с дороговизной цементного клинкера и отсутствием вяжущего материала техногенного происхождения в достаточных количествах. В связи с этим предлагается использование в качестве вяжущего материала доменного шлака [9]. При этом будет решена проблема утилизации сразу двух видов отходов.

Методы и материалы

Объектом исследования является фильтрат, отобранный на полигоне ТКО в Липецкой области (рис. 1). Фильтрат собирается посредством дренажной системы и идет на рециклинг - орошение тела массива для ускорения процесса разложения отходов. При этом происходит повторное накопление фильтрата и увеличение и без того высоких концентраций загрязняющих веществ.

В качестве вяжущего материала используется доменный шлак металлургического комбината, также расположенного в Липецкой области.

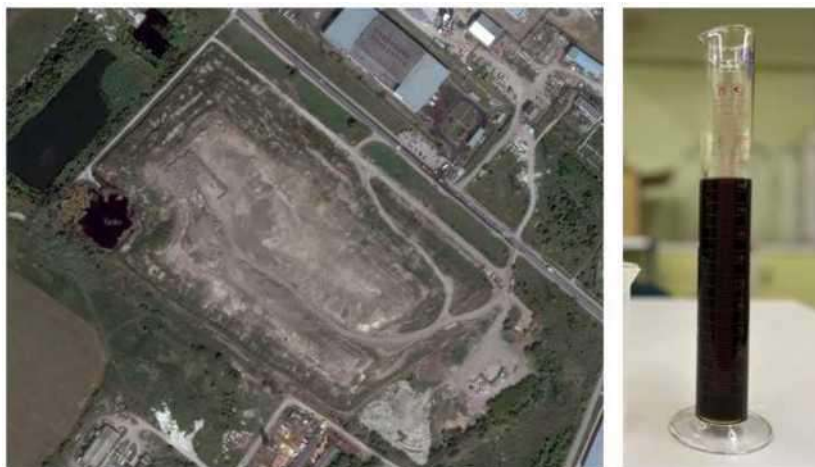


Рисунок 1 – Фильтрат с полигона ТКО в Липецкой области

Результаты и обсуждения

Первым этапом стабилизации фильтрата было проведение экспериментов по установке необходимой дозировки внесения шлака. Для этого фильтрат смешивался с доменным шлаком с размером зерен до 1 мм в соотношении 1:1 и перемешивался. После получения однородной массы смесь переносилась в контейнеры для дальнейшего отверждения в естественных условиях.

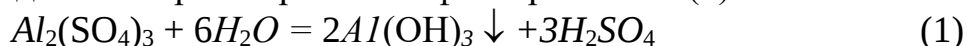
В результате эксперимента была установлена низкая гидравлическая способность стабилизации фильтрата шлаком (рис. 2). По истечении 21 дня стабилизации смеси произошло лишь испарение жидкой фазы без отверждения материала. Тем не менее, при испытании гидравлических свойств шлака с дистиллированной водой в соотношении 1:1 было отмечено полное отверждение смеси.



Рисунок 2 – Литификат в соотношении 1:1 фильтрата и доменного шлака: (а) – день приготовления смеси; (б) – 21 день твердения смеси

Причиной неудачного эксперимента явилось высокое значение окисляемости в фильтрате. Так, значение окисляемости нормируется в воде затворения цементных растворов и бетонов по ГОСТ 23732-2011 и не должна превышать 15 мг/л. Следовательно, для формирования устойчивого литификата фильтрат подлежит предварительной обработке до стабилизации шлаком.

Извлечение растворимых в фильтрате органических веществ возможно при обработке его коагулянтами, что вызывает преобразование органики в нерастворимый осадок и его выпадение в виде хлопьев [10]. Для дальнейшего исследования был выбран сульфат алюминия. Из уравнения гидролиза сульфата алюминия следует, что в процессе коагуляции вместе с образовавшимся гидроксидом алюминия в осадок выпадают гуминовые кислоты и соли тяжелых металлов, а также выделяются растворенные в фильтрате газы (1):



Таким образом, процесс литификации можно разделить на два этапа, где первый этап представлен процессом коагулирования частиц. Предварительная коагуляция запускает второй этап литификации – непосредственное отверждение смеси с помощью связующего вещества – доменного шлака.

Далее осуществлялся подбор оптимального количества внесения доменного шлака. По времени отверждения смеси было установлено, что добавление шлака свыше 300 г на 200 мл фильтрата и 10 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ не оказывает существенного влияния на скорость набора прочности материала (рис. 3). Таким образом, для дальнейших исследований шлак добавлялся в пропорции 1,5:1.

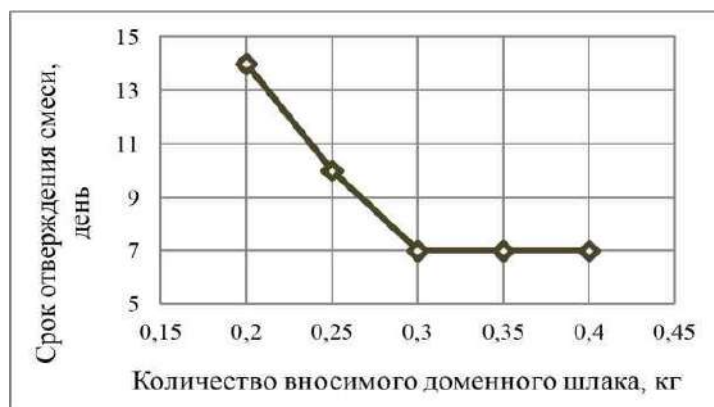


Рисунок 3 – Зависимость времени отверждения литификата от количества вносимого доменного шлака на 200 мл фильтрата и 10 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Следующим этапом проводился подбор оптимального количества внесения сульфата алюминия по скорости набора прочности материала. Было установлено, что добавление коагулянта менее 8 г не хватает для связывания смеси на основе 200 мл фильтрата и 300 г доменного шлака, а материал начинает твердеть лишь после испарении лишней влаги (рис. 4). При этом добавление коагулянта свыше 8 г не снижает времени схватывания смеси. Для дальнейших исследований было принято соотношение фильтрата и коагулянта 1:0,04.

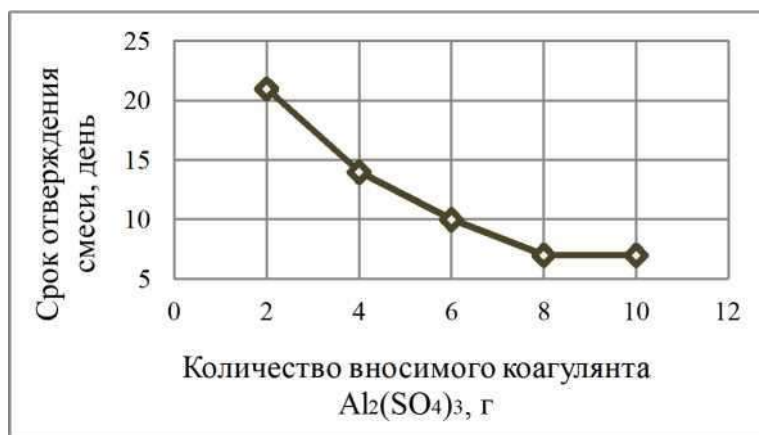


Рисунок 4 – Зависимость времени отверждения литификата от количества вносимого коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ на 200 мл фильтрата и 300 г доменного шлака

Таким образом, была подобрана оптимальная по времени отверждения рецептура литификата в соотношении 1:0,04:1,5 (фильтрат, сульфат алюминия и доменный шлак) (рис. 5). По истечению 14 дней с начала эксперимента литификат полностью твердеет и готов к дальнейшему использованию. Предлагается использование полученного материала в качестве пересыпного материала на полигонах ТКО при складировании отходов.



Рисунок 5 – Фильтрат полигонов ТКО, доменный шлак, полученный продукт литификации

Заключение

Одной из экологических проблем складирования ТКО на полигонах является образование высокотоксичного фильтрата, очистка которого существующими методами является экологически неэффективной и экономически не целесообразной. Данный фактор обуславливает необходимость разработки альтернативного метода его утилизации. В работе рассмотрена технология отверждения фильтрата путем его смешивания с вяжущим компонентом, представленным доменным шлаком. Проведённые эксперименты позволили установить оптимальную дозировку внесения в фильтрат коагулянта и доменного шлака в соотношении 1:0,04:1,5 (фильтрат, коагулянт и доменный

шлак) для достижения наилучшей скорости отверждения материала.

Список литературы

1. Новицкий М.Л., Азиатцева М.В. Современные тенденции, состояние и особенности рекультивации полигонов твёрдых бытовых отходов (обзор) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2022. № 3 (164). С. 29-42. DOI: 10.36305/2712-7788-2022-3-164-29-42.
2. Ашихмина Т.В., Каверина Н.В., Куприенко П.С. Анализ негативных экологических последствий эксплуатации полигона твердых коммунальных отходов г. Воронежа на разных этапах его жизненного цикла // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44. № 3. С. 343-358. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-3-343-358.
3. Оводков М.В., Давлекаев Н.А., Азаров В.Н. Актуальные проблемы моделирования выбросов парниковых газов от полигонов твердых бытовых отходов (обзор) // Социология города. 2024. № 2. С. 94-107. DOI: 10.35211/19943520_2024_2_94.
4. Притужалова О.А., Жованик И.А. Анализ изученности свалочного фильтрата на российских полигонах твердых коммунальных отходов // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2024. Т. 33. № 4. С. 413-426. DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-413-426.
5. Шаповалов Д.А., Холин Р.Н., Скоробогатова У.Е. Моделирование и оценка загрязнения грунтовых и поверхностных вод фильтратом полигона твердых бытовых отходов // International agricultural journal. 2021. №. 2. С. 8-18. DOI: 10.24411/2588-0209-202110305.
6. Милютина Н.О., Зеленковский П.С., Смятская Ю.А. и др. Фильтрат полигонов ТКО: образование, характеристика и обезвреживание // Бутлеровские сообщения. 2020. Т. 61. №. 3. С. 79-85. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/20-61-3-79.
7. Милютина Н.О., Политаева Н.А., Зеленковский П.С. и др. Анализ методов очистки фильтрата полигонов твердых коммунальных отходов // Вестник Евразийской науки. 2020. № 3. С. 1-11. DOI: 10.15862/03NZVN320.
8. Zhang H., Ji Z., Zeng Yu., Pei Yu. Solidification/stabilization of landfill leachate concentrate contaminants using solid alkali-activated geopolymers with a high liquid solid ratio and fixing rate // Chemosphere. 2022. V. 288. p. 132495. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132495.
9. Пашкевич М.А., Куликова Ю.А. Литификация доменным шлаком фильтрата полигонов ТКО // Записки Горного института. 2024. Т. 267. С.477-487. EDN: CSHCSM.
10. Красавцева Е.А., Жилкин Б.О., Макаров Д.В. и др. Очистка сточных вод ООО «Ловозерский ГОК» от ионов фтора методом химической коагуляции // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2020. № 17. С. 297-301. DOI: 10.31241/FNS.2020.17.056.

ПРОРАБОТКА МЕТОДА ВОВЛЕЧЕНИЯ ВО ВТОРИЧНЫЙ ОБОРОТ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИДАНИЯ ИМ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

Михеенков А. М.

ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

В условиях сталеплавленного производства образуются в основном два типа шлака – окислительного рафинирования (ОР) стали в дуговых электропечах (шлаки ДСП) и шлаки восстановительного рафинирования (ВР) стали в агрегатах «ковш-печь» (шлаки АКП). Фазовый состав таких шлаков приведен в таблицах ниже. В дуговых печах плавят металлолом. После расплавления металлолома в дуговую печь подается СаО, которая вступает в реакцию с оксидным железом (окалиной) металлолома. В результате такой реакции в шлаке образуются ферриты кальция $\text{СаО} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и $2\text{СаО} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. При продувке выплавляемой стали кислородом в шлак выходит пентаоксид фосфора (P_2O_5), который, взаимодействуя с СаО, образует фосфат кальция. SiO_2 , попадающий в печь с металлоломом, вступает в реакцию с $\text{СаО} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и $2\text{СаО} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, образуя двухкальциевый силикат ($2\text{СаО} \cdot \text{SiO}_2$), при этом оксиды железа выходят в самостоятельные фазы FeO и Fe_3O_4 . Пентаоксид фосфора не выходит из молекулы двухкальциевого силиката, а изоморфно замещает кремнекислородные тетраэдры в молекуле двухкальциевого силиката, что приводит к ионной стабилизации его структуры, и он при охлаждении не рассыпается. В результате всех этих процессов в шлаке формируется окончательный фазовый состав. На выпуске из печи шлак состоит из мервинита ($3\text{СаО} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$) – 15,9 %, оксидов железа FeO – 20,4 %, Fe_3O_4 – 24,1 % и стабилизированного двухкальциевого силиката ($2\text{СаО} \cdot \text{SiO}_2$) – 38,15, остальное – 1,45. Шлаки ДСП имеют устойчивую структуру, перерабатываются и используются в качестве щебня в дорожном строительстве.

Из печей ДСП сталь передается в агрегат «ковш-печь» (АКП) для восстановительного рафинирования. При передаче стали происходит отсечка шлака, которая не обеспечивает полное отделение шлака от стали, поэтому часть шлака ДСП попадает в АКП, формируя шлак АКП на начальной стадии рафинирования, соответствующий фазовому составу шлака ДСП. Такой фазовый состав шлака отмечен точкой А на фазовой диаграмме шлака АКП, приведенной на рисунке 1.

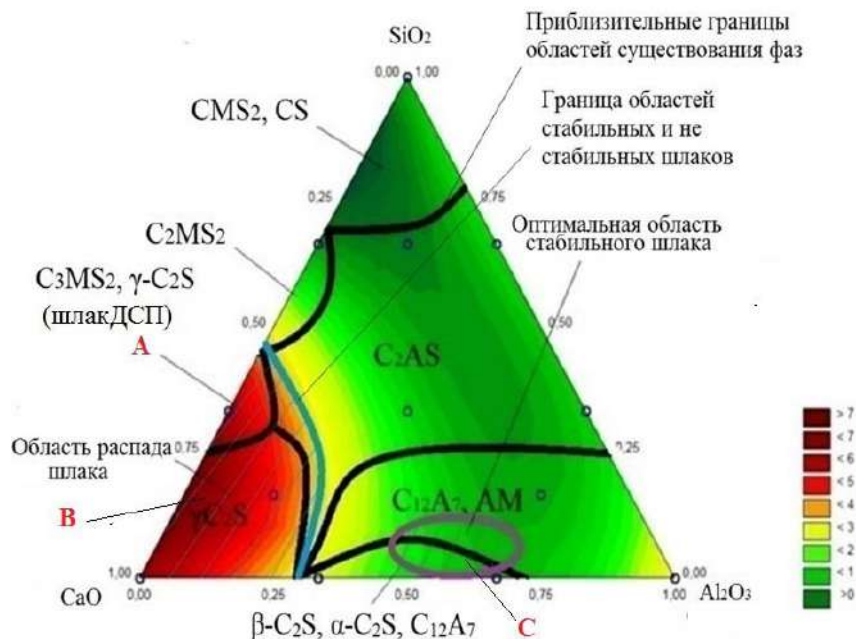
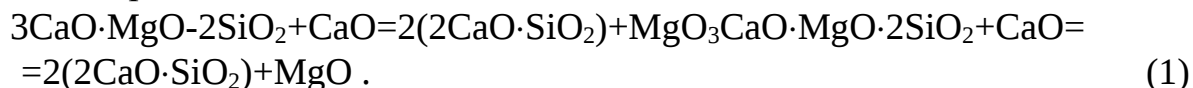


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма шлака АКП

В АКП сильные восстановительные условия, за счет этого оксиды железа в шлаке ДСП быстро восстанавливаются до металлического железа, и в шлаке АКП остаются только две фазы – двухкальциевый силикат (β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) и мервинит ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$). Для обеспечения десульфурации в агрегат «ковш-печь» подается CaO, которая, взаимодействуя с мервинитом, вызывает его распад по реакции:



В результате протекания данной реакции в АКП формируется фазовый состав шлака, область которого на фазовой диаграмме шлака АКП отмечена буквой В. В этой области при взаимодействии CaO с серой металла происходит его десульфурация по реакции:



Наличие в шлаке АКП после распада мервинита большого количества MgO и двухкальциевого силиката увеличивает его вязкость, снижая его рафинирующие свойства. Для повышения рафинирующих свойств шлака в него вводится глиноземистый флюс формируя в шлаке АКП фазовый состав, область которого отмечена на фазовой диаграмме буквой С. При охлаждении шлака β - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ переходит в γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, формируя окончательный фазовый состав шлака АКП, состоящий из майенита ($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$) – 37,2 %; периклаза (MgO) – 12,5 %; двухкальциевого силиката (γ - $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) – 41,4 % и около 1 % CaS, остальное FeO.

Переработка шлаков АКП представляет гораздо большую проблему из-за большого количества в них низкотемпературной модификации белита – γ - C_2S , образующегося в результате сложных полиморфных преобразований

высокотемпературных модификаций белита (α -C₂S, α' -C₂S и β -C₂S) при охлаждении от 1425 °С до 830 °С, сопровождающихся увеличением объема кусков шлака и их распадом на пылевидную фракцию. Присутствие значительных количеств запыленных фракций после распада шлака АКП затрудняет их массовую переработку в шлаковый щебень и является причиной загрязнения выбросами пыли на месте хранения этих отходов.

Тем не менее, входящие в состав сталеплавильных шлаков ДОП и АКП фазы майенит (12CaO·7Al₂O₃) и двухкальциевый силикат (2CaO·SiO₂) обладают некоторой гидравлической активностью, т.е. способностью твердеть при взаимодействии с водой. Повысить их гидравлическую активность можно за счет сульфатирования, т.е. за счет их взаимодействия с гипсом. В результате такого взаимодействия образуются безводные минералы, обладающие высокой гидравлической активностью:

- сульфосиликат кальция – сульфоспуррит 2(2CaO·SiO₂)·CaSO₄;
- сульфоалюминат кальция – йелимит 3(CaO·Al₂O₃)·CaSO₄.

Оптимизация состава вяжущего на основе шлака АКП, шлака ДСП и гипса позволила выявить состав, обладающий высокой прочностью 50,4 МПа. С использованием разработанного вяжущего несколько лет производилась тротуарная плитка. Такой состав также пригоден для строительства без-асфальтовых дорог.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Петрова Т.А., Муравьева Е.Н.

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, Россия

Утилизация промышленных отходов становится всё более актуальной проблемой современности. Высокая зольность, низкая теплотворная способность и значительное содержание примесей в отходах углеобогащения существенно ограничивают их промышленное применение, что делает их непригодными для использования в производстве и требует их утилизации. На металлургических предприятиях стран СНГ отходы углеобогащения утилизируются незначительно. Одним из примеров таких предприятий является крупнейший в Республике Казахстан металлургический комплекс с полным производственным циклом АО «Qarmet». Запасы отходов углеобогащения АО «Qarmet» превышают 18,4 млн м³, что является вполне достаточным для внедрения производств по их переработке.

На сегодняшний день отходы углеобогащения практически не перерабатываются и не используются. Их складывают в хвостохранилища в непосредственной близости от углеобогащательных фабрик, занимая значительные территории. Это не только приводит к изъятию земель из оборота, но и к техногенному их загрязнению. Для размещения 1 млн тонн отходов флотации требуется от 5 до 8 га свободных территорий под строительство хвостохранилищ. Таким образом, экологически чистое производство является обязательным, и это стало серьезной проблемой для углеобогащательных предприятий. Для предотвращения дальнейшего загрязнения окружающей среды предлагается рассмотреть технологии по использованию отходов углеобогащения [1].

Способы обращения отходов углеобогащения можно разделить на следующие основные направления: производство строительных материалов, переработка отходов углеобогащения методом газификации, производство водоугольных суспензий, производство топливных брикетов.

Использование отходов углеобогащения в строительстве способствует сокращению отходов и рациональному использованию ресурсов, например, как компонента сырьевой шихты при производстве цемента и керамики, в качестве сырья при производстве пористых заполнителей, а также в качестве заполнителя бетона [2].

Рассматривалось использование отходов углеобогащения, легких пористых заполнителей, таких как керамзит. В последнее время возникла потребность в разнообразных керамических материалах, которые могут быть использованы для различных целей. Исследования в данной области проводятся с целью найти новые и качественные сырьевые материалы для производства керамических изделий [3]. В результате исследований было обнаружено, что структура гранулы керамзита, полученного из отходов углеобогащения,

аналогична структуре обычного керамзита, однако толщина внешней корки у него значительно меньше. Добавление отходов углеобогащения в состав керамических материалов при обжиге при температуре 1160 °С создает муллит, который способствует увеличению физико-механических свойств керамзита. В результате исследования, отходы углеобогащения могут использоваться для создания керамзита с высокой теплоизоляцией [4].

Отмечается создание эффективных связующих веществ на основе хвостов флотации угля. Данные вещества характеризуются значениями предельного сжатия в два раза превышающее значения цементного камня, при этом использование ежегодно возрастающего объёма хвостов флотации при производстве связующего материала является рациональным способом утилизации данного вида отходов и позволяет снизить потребность в добыче природных ресурсов [5].

Отходы флотации углеобогащения потенциально могут быть использованы для производства тепловой и электрической энергии. Совместное сжигание нескольких видов отходов в составе водосодержащих топлив является перспективным методом их утилизации. Уголь является одним из важнейших мировых источников энергии, а его доля в мировом топливно-энергетическом балансе составляет 25-35 %. Почти 40 % мировой электроэнергии вырабатывается с использованием угля [6-8].

Отходы обогащения угля можно перерабатывать в водоугольные суспензии, которые затем сжигаются на электростанциях.

В Китае был создан Государственный центр водоугольных суспензий угольной промышленности с целью предоставления технического руководства по внедрению использования водоугольного топлива. Потребители, таким образом, включают тепловые электростанции и предприятия химической и металлургической отраслей, которые ранее работали на мазуте [9]. В настоящее время в таких странах, как Китай, Япония, Италия, США, Швеция и Россия, особое внимание уделяется водоугольным суспензиям. Прежде всего, этого связано с накопленным этими странами значительным научно-техническим потенциалом в области добычи, транспортировки, хранения и сжигания водоугольного топлива [9].

Водоугольная суспензия представляет собой разновидность самого топлива, который может стабильно гореть. Суспензия состоит из 60-70 % угля, 40-30 % воды и небольшого количества химических добавок вследствие определённой технологии обработки [10].

Технология водоугольного топлива применяется для снижения вредных выбросов в городах и прибрежных зонах, уменьшения стоимости электроэнергии, производимой на мазуте, дизельном топливе и газе, а также для доставки топлива в труднодоступные места и на предприятия, где отсутствует инфраструктура для подготовки и подачи традиционных видов топлива [10].

Переработка отходов углеобогащения в топливные водоугольные суспензии имеет большее количество этапов, однако такой способ утилизации позволяет использовать отходы без удаления избыточной влаги и значительно снизить выбросы загрязняющих веществ при сжигании.

Преобразование отходов флотации углеобогащения в энергию посредством брикетирования потенциально может обеспечить энергию одновременно, сокращая отходы, связанные с ними риски для окружающей среды. Брикетные превосходят обычное топливо по теплотехническим показателям: они более калорийны и отличаются большей устойчивостью к разрушению и окислению [11].

Брикетирование представляет собой процесс механической переработки отходов углеобогащения в брикеты, имеющие определенные геометрическую форму, размер и массу [11, 12]. Процесс брикетирования позволяет улучшить качество и термические характеристики материала, уменьшить потери топлива и затраты на его транспортировку [12].

Из рассмотренных вариантов использования отходов углеобогащения для условий АО «Qarmet» наиболее перспективным является брикетирование отходов углеобогащения с последующим внедрением в существующие производственные процессы теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) по нескольким причинам.

Брикеты из отходов углеобогащения обладают большей плотностью и меньшей зольностью, чем исходный материал. Это приводит к более полному сгоранию и, следовательно, к более высокой теплотворной способности, что особенно важно для ТЭЦ, где эффективность использования топлива является ключевым фактором. Водоугольные суспензии, например, требуют значительных затрат энергии на подготовку и транспортировку, снижая общий коэффициент полезного действия (КПД).

Многие ТЭЦ уже оснащены оборудованием, способным сжигать твердое топливо. Топливные брикеты могут быть легко адаптированы к существующим системам сгорания, минимизируя необходимость в дорогостоящей модернизации. Поэтому применение водоугольных суспензий или внедрение газификации требует значительных изменений и капитальных вложений.

В совокупности более высокая энергетическая эффективность, упрощенная технология и адаптируемость к существующему оборудованию делают брикетирование более экономически выгодным вариантом по сравнению с другими методами утилизации отходов углеобогащения, особенно в контексте металлургического производства на ТЭЦ, где тепловая энергия является ценным продуктом.

В результате проведения предварительных экспериментов представленные отходы углеобогащения характеризуются низким содержанием серы (до 0,8 %), высокой зольностью 53,36 %, высшая теплота сгорания отходов углеобогащения составляет 12531+5 Дж/г (2995 ккал/кг), выход летучих веществ 17,2 %, влажность отходов 2,31 %.

Способ получения топливных брикетов заключается в том, что в качестве углеродного материала используют отходы углеобогащения, размер фракций которых составляет преимущественно 0,4-1,0 мм. К отходам углеобогащения добавляют органические связующие в сухом виде, при которых достигается требуемый результат по зольности, необходимый для работы ТЭЦ на предприятии АО «Qarmet».

Для подтверждения возможности полезного использования топливных

брикетов из отходов углеобогащения в дальнейшем будут определены физико-механические показатели для соответствия требованиям, предъявляемым нормативной и справочной документацией к твердому топливу.

Исходя из вышеизложенного, брикетирование предлагает оптимальное сочетание экономической эффективности, экологической безопасности и технологической осуществимости для АО «Qarmet», интегрируя металлургическое производство с ТЭЦ и эффективно используя отходы углеобогащения. Другие рассмотренные варианты либо менее эффективны, либо требуют значительно больших вложений и технологических изменений.

Список литературы

1. Чернышова Т.И., Алпатов Н.В., Леликова О.Н. Обоснование выбора связующих компонентов используемых при брикетировании хвостов флотации // Наука и современность. Энергетика и рациональное природопользование. 2019. С. 95-99.
2. Силка Д.Н., Аникеев В.В. Подходы к использованию отходов добычи угля в строительстве // Энергетическая политика. 2020. № 1 (143). С.72-79.
3. Абдрахимов В.З. Использование отходов флотации углеобогащения, межсланцевой и дегидратированной глин в производстве керамического кирпича // Construction and Geotechnics. 2022. Т. 13. № 2. С. 34-43. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2022.2.03>.
4. Shapovalov N.A., Zagorodnyuk L.K., Shchekina A.Y. and other Modified binders on the basis of flotation tailings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 327. pp. 1-5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/3/032050>.
5. Shen L., Qiao E., Liu L. and other. Utilization of coal slime: Coal and kaolinite separation by classification, forward and reverse flotation method // Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2022. Vol. 58 (3). pp. 1-11. <https://doi.org/10.37190/ppmp/147742>.
6. Kumar B., Das B., Garain A., Rai S. Diverse utilization of surfactants in coal-floatation for the sustainable development of clean coal production and environmental safety: a review // RSC Advances. 2022. Vol. 12. pp. 23973-23988. <https://doi.org/10.1039/d2ra02861a>.
7. Dorokhov V.V., Nyashina G.S., Strizhak P.A. Thermogravimetric, kinetic study and gas emissions analysis of the thermal decomposition of waste-derived fuels // Journal of Environmental Sciences. 2024. Vol. 137. pp. 155-171. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.02.050>.
8. Wang M., Cai L., Wen J., Li W., Yang X., Yang H. The Prospect of Recovering Vanadium, Nickel, and Molybdenum from Stone Coal by Using Combined Beneficiation and Metallurgy Technology Based on Mineralogy Features // Minerals. 2023. Vol. 13. pp. 1-17. <https://doi.org/10.3390/min13010021>.
9. Osintsev K., Aliukov S., Alabugin A.A Review of Methods, and Analytical and Experimental Studies on the Use of Coal-Water Suspensions // Mathematics. 2022. Vol. 10. pp. 1-25. <https://doi.org/10.3390/math10203915>.
10. Мурко В.И., Федяев В.И., Карпенко В.И. О возможности использования тонкодисперсных отходов углеобогащения ОФ «Энергетическая» в качестве основы для котельного топлива // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2020. 13(6). pp. 657-668.
11. Gwenzi W., Ncube R.S., Rukuni T. Development, properties and potential applications of high-energy fuel briquettes incorporating coal dust, biowastes and post-consumer plastics // SN Applied Sciences. 2020. Vol. 2. pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2799-8>.
12. Haryanti N.H., Suryajaya, Wardhana H. and other. Characterization of briquette from halaban charcoal and coal combustion ashes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1120. pp. 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012046>.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

Пустохин Д. А.¹, Пустохина И. В.²

¹ Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Россия

² Государственный университет управления, г. Москва, Россия

В современном мире проблема утилизации и транспортировки отходов является одной из самых актуальных. В последнее время вопросам экологии и охраны окружающей среды придается большое значение. Экология нашей планеты с каждым годом ухудшается, и это, безусловно, влияет на качество жизни населения. Причины заключаются в техногенном влиянии человека на окружающую среду, и с каждым годом это приобретает более негативный и агрессивный характер.

Образование отходов увеличилось с развитием промышленной революции. Следовательно, даже когда промышленные процессы становятся более эффективными, производство отходов увеличивается на объемы производства [1]. Текстильная, металлургическая, цементная, химическая, пластмассовая и нефтеперерабатывающая отрасли – лидеры по производству отходов. Кроме того, они являются одними из самых загрязняющих из существующих.

Поэтому данную проблему по праву можно назвать актуальной, а значит, человечество должно находить новые пути и методы ее решения, чтобы улучшить не только существующее положение, но и сделать все возможное для создания лучшей жизни для последующих поколений.

Обзор правительственных постановлений и инициатив

Вопросами управления отходами в современном мире занимаются многие прогрессивные страны. На уровне ЕС вопрос о регулировании обращения с отходами появился еще в 1970-х годах. С тех пор было принято множество законодательных актов, регулирующих эту деятельность. Так, например, 19 ноября 2008 года появился законодательный и руководящий документ в области статистики отходов – Директива 2008/98/ЕС, Рамочная директива по отходам, занимающаяся вопросами определения требований к управлению отходами и установления базовых определений в области отходов на уровне ЕС. Существуют и другие документы в этой области: Решение 2000/532/ЕС, определяющее перечень отходов и устанавливающее систему классификации отходов, включая определение различия между опасными и неопасными отходами; Регламент 2150/2002/ЕС по статистике отходов, заключающийся в создании основы для разработки статистики Сообщества об генерации, утилизации и удалении отходов и другие [2].

По данным Евростата за 2020 год лидером в образовании отходов производства и потребления, как опасных, так и не опасных, стала Германия – 401,2 млн тонн в год. Отметим, что в 2018 г. этот показатель составлял 405,5 млн тонн. На 2 месте в рейтинге за 2020 г. располагается Франция, далее – Италия,

Польша, Швеция, Румыния и другие. Последнюю строчку занимает Лихтенштейн. Общий показатель генерации отходов ЕС (27 стран) за 2020 г. составил 2,2 млрд тонн. В 2018 г. – 2,3 млрд тонн [3]. Более подробная информация представлена на рис. 1.

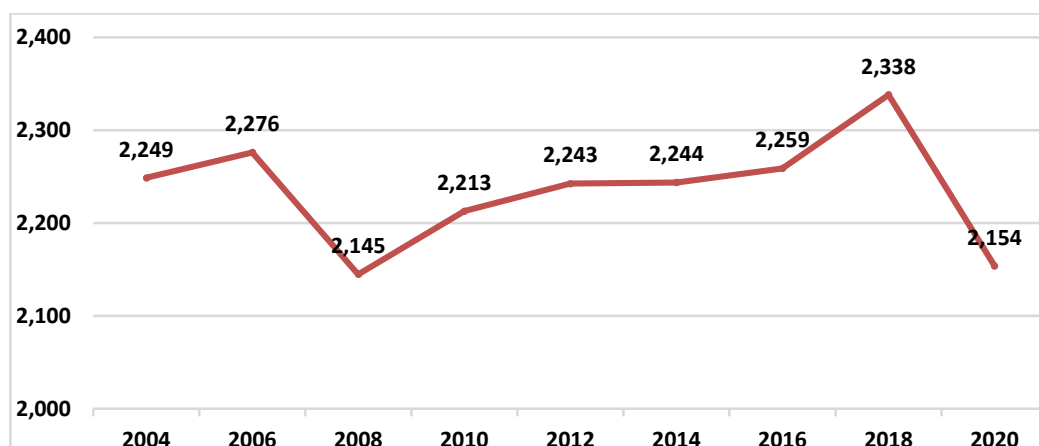


Рисунок 1 – Динамика образования отходов странами ЕС в период 2004- 2020 гг., млрд тонн. Источник: составлено авторами по Eurostat [3]

В 2020 г. в ЕС было произведено более 2,1 миллиарда тонн отходов, или примерно 4,8 тонны отходов, произведенных на душу населения. В последние годы среднее количество бытовых отходов на человека в ЕС постепенно сокращается. Австрия, Люксембург и страны Северной Европы, такие как Норвегия и Дания, одни из крупнейших производителей коммунальных отходов на душу населения в 2020 г. – более 750 кг. Напротив, в Албании и Румынии образовывалось самое низкое количество отходов на душу населения – менее 350 кг [4].

Что касается России, то здесь объем отходов намного выше (рис. 2). По данным Росстата в 2020 г. число образовавшихся отходов достигло порядка 6,96 млрд тонн, что на 223,1% выше, чем суммарно по всем странам ЕС [5].

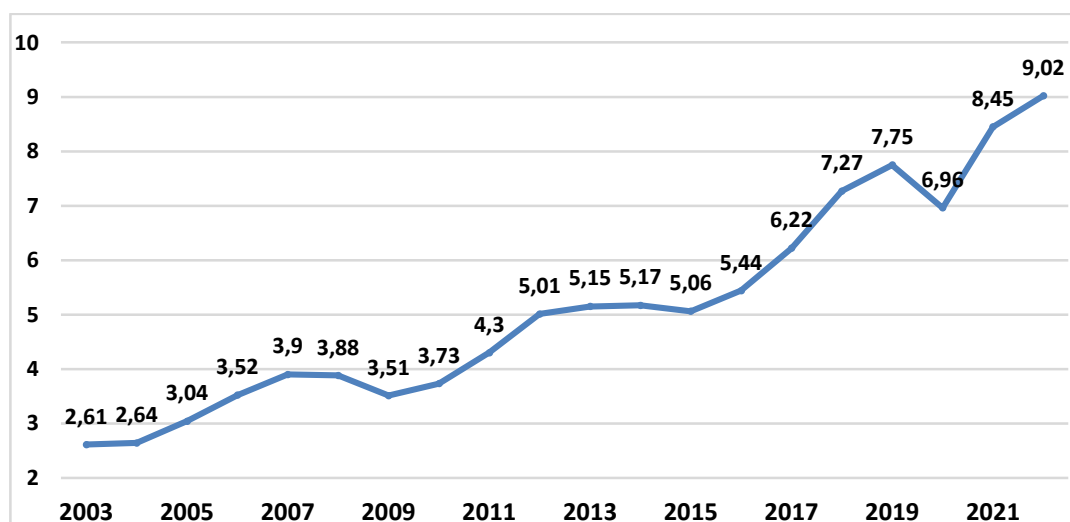


Рисунок 2 – Динамика образования отходов Россией в период 2003-2022 гг., млрд тонн. Источник: составлено авторами по Росстат [5]

С одной стороны, может показаться, что в России люди производят намного больше мусора (более чем в три раза), чем все 27 стран Европейского союза, учитывая, что население России меньше населения ЕС более чем в три раза (рис. 3). Однако, это ошибочное суждение. Огромнейший разрыв связан с тем, что большая доля (порядка 87%) отходов приходится на добычу полезных ископаемых. Например, в России этот показатель составляет 4,7 млрд тонн, в то время как в Евросоюзе – лишь 642 млн тонн. Если не брать это в расчет, то в России уровень образования отходов на душу населения будет на 23 % выше, чем в ЕС [6].

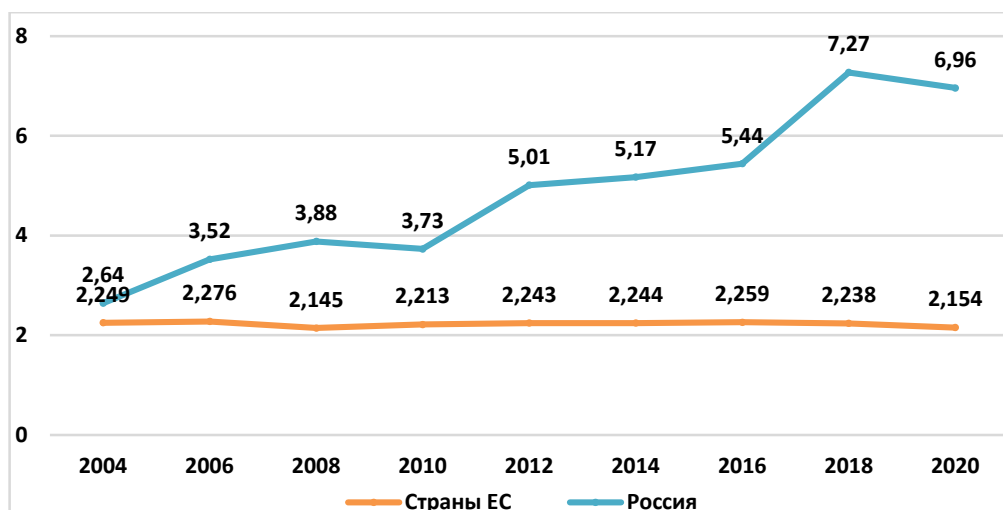


Рисунок 3 – Сравнение образования отходов в России и странах ЕС в период 2004-2020 гг., млрд тонн. Источники: составлено авторами по Eurostat, Росстат [3, 5]

Классификация отходов

Проанализировав общую ситуацию с отходами, теперь стоит понять, как их классифицируют. Приведенный выше анализ показал некорректность сравнения обобщенных показателей по разным странам. Следует конкретизировать, к какой сфере относятся те или иные отходы.

Утвержденном приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 02.11.2018) был определен Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО). Он представляет собой единую справочную базу по всем известным видам мусора. Каждое вещество имеет уникальный 11-разрядный код ФККО, исходя из своих свойств. Согласно данному документу, выделяется 5 классов опасности отходов. 1 класс – чрезвычайно опасные, неразлагаемые отходы (волокно, лампы ртутьсодержащие, люминесцентные, приборы с органическими загрязнителями, ртутью, термометры), 2 – опасные, разлагающиеся более 10 лет (мышьяк, средства защиты растений, свинец; порох, пиротехника, аккумуляторы), 3 - опасные, которые нейтрализуются от 3 до 10 лет (мобильные телефоны, лак для ногтей, табачная пыль, эко кожа, герметики, шампуни лакокрасочные материалы, моющие средства, дезодоранты, бальзамы). К 4 классу относят малоопасные отходы, негативно влияющие до 3 лет (косметические крема, растительные масла, зубная паста, творожные, вазелиновое масло, плавленые сыры, мыло, жевательная резинка, техническая

ткань, нетканый материал, духи). И, наконец, 5 класс – нетоксичные отходы, которые разлагаются самостоятельно до 3 лет (туалетная бумага, деревянная тара, картон, бумага, газеты, журналы, упаковочная стружка, бумажная, картонная упаковка, стеклянная тара) [7]. Самые распространенный для анализа отходы – это ТБО (твердые бытовые отходы) и ТКО (твердые коммунальные отходы), относящиеся к 4 и 5 классам соответственно. С одной стороны, может показаться, что данные понятия очень похожи. Однако есть небольшое различие.

ТБО – это отходы, которые больше не пригодны для эксплуатации и дальнейшего использования, то есть, утратившие потребительские качества, заложенные изначально. Другими словами, это бытовой мусор: отходы продуктов питания, бытовые товары, электрические бытовые приборы и др. Основные источники производства таких отходов – жилые дома, общественные здания, школы, сады, университеты.

ТКО - это твердые коммунальные отходы. Данное понятие является более широким, нежели ТБО. В него входит весь мусор, образующийся в процессе деятельности человека. Это и бытовые вещи, и мусор, возникающий в результате юридической, хозяйственной, производственной деятельности различных предприятий. Стоит отметить, что состав отходов аналогичен со ставу ТБО, однако ТБО не включают в себя отходы, возникающее при производственных процессах. Далее, в данном исследовании, мы сфокусируемся на этих видах отходах.

Управление отходами в разных странах

Отходы производства и потребления – предметы или вещества, образовавшиеся в процессе потребления, производства, выполнения работ или оказания услуг, которые подлежат утилизации. С процессом развития общества и глобализации люди все больше стали задумываться не только о количестве производимых отходов, но и о том, как нужно их утилизировать. В настоящее время существуют три основных метода утилизации отходов: переработка, сжигание и захоронение. Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация) [7], а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация). Более того, ТКО могут использоваться в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки. В это же время, существует такое понятие, как обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание, за исключением сжигания, связанного с использованием твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов), и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду [8].

После определения основных терминов рассмотрим особенности управления отходами в разных странах мира.

Япония

В 1960-х гг. производство отходов в Японии быстро росло: ежегодное производство отходов составляло примерно 8,91 млн тонн, а к 1980-м гг. их количество возросло до 43,94 млн тонн. Производство пластиковых изделий также быстро выросло за тот же период – с 0,5 млн тонн до 7,5 млн тонн.

Высокий экономический рост в послевоенную эпоху ускорил внутреннюю индустриализацию, что также привело к проблемам загрязнения окружающей среды. В этот период загрязнение в результате утилизации опасных отходов стало социальной проблемой.

На химическом заводе в префектуре Кумамото образовывались опасные отходы, которые загрязняли морскую воду, рыбу и другие морепродукты. Это нанесло серьезный ущерб здоровью людей, которые их употребляли. Вредные вещества, выброшенные с заводов в префектуре Гифу, вызывали загрязнение воды, причинив вред тем, кто ел рис, выращенный в окрестностях. Правительство было вынуждено принять законы, регулирующие сброс этих опасных отходов для защиты здоровья населения и окружающей среды.

Конец 1980-х – начало 1990-х гг. – период «экономики мыльных пузырей». В связи с быстрым экономическим ростом произошло резкое увеличение количества, как бытовых отходов, так и производства пластиковых бутылок. Из-за этого не все горючие отходы сжигались, а вывозились на свалки, что вызывало нехватку мощностей [9].

Чтобы решить эти проблемы, правительство начало продвигать стратегию «3Rs» – reduce (сокращение), reuse (повторное использование) и recycling (вторичная переработка). Это было предпринято для перехода экономической системы от массового производства и потребления к «здоровому обществу».

Так, в 2000 г. был принят закон, который давал представление о здоровом обществе с круговоротом материалов, об основных факторах, таких как переработка ресурсов и утилизация отходов для сокращения потребления природных ресурсов и уменьшения воздействия на окружающую среду. Целями данного закона являлись: сокращение образования отходов, повторное использование, переработка, рекуперация тепла при термической переработке и улучшение надлежащей утилизации [10].

В 2019 г. в Японии было произведено 42,89 миллиона тонн отходов, что означает, что каждый гражданин производил 938 граммов отходов в день. За последние десять лет это число постепенно сокращалось, однако для сокращения количества отходов в Японии требуются значительные усилия. Если образование отходов продолжится, ожидается, что свалки в стране будут заполнены примерно через 20 лет.

Кроме того, экономический рост в развивающихся странах быстро увеличил глобальный объем утилизации отходов, оказывая влияние, как на окружающую среду, так и на здоровье человека. Объем выброса использованной бытовой электроники в Юго-Восточной Азии стремительно растет, и ожидается,

что он продолжит расти в будущем. В разгар глобальных и бытовых проблем с отходами Япония ищет способ создания эффективной экономики замкнутого цикла.

Помимо этого, чрезмерная упаковка – это большая проблема в Японии, требующая как можно скорейшего решения. Поскольку японские потребители очень щепетильно относятся к гигиене пищевых продуктов, большинство продуктов, продаваемых в магазинах, упакованы в пластик. Продукты, такие как овощи, мясо и рыба, помещаются на пластиковые подносы для еды или контейнеры, затем накрываются пластиковой пленкой или пакетами. Даже одна луковица заворачивается в небольшую пластиковую упаковку для покупателей, которые желают приобрести небольшую порцию. Поэтому правительству необходимо уделить особое внимание этому вопросу.

Что касается переработки отходов, то Япония сжигает 80 % всех отходов, еще 13 % компостирует, а 5 % – идет в переработку [6]. Это обусловлено тем, что выделение территорий под новые полигоны ТКО невозможно: численность населения сопоставима с Россией, а площадь страны в 45 раз меньше. В Японии захоронению подлежат всего 5 % бытового мусора, остальное отправляется на переработку или сжигание (до 70 % от всего объема ТКО). Так как значительная часть мусоросжигательных заводов (МСЗ) располагается в черте городов, применяемые технологии, обеспечивающие горение с температурой более 1200°C и самая совершенная система фильтрации, позволяют свести вредные выбросы практически к нулю. Поэтому Япония – «передовик» в мире по количеству МСЗ – их более 1900. Их бесперебойная работа обеспечивается, в том числе, очень строгой дисциплиной среди населения по предварительной сортировке мусора. В домах установлены до 40 контейнеров для разных видов ТКО (для различных видов бумаги, пластика, металлов, стекла и т.п.). Даже пластиковые стаканчики из-под йогурта японец обязан вымыть перед тем, как выбросит. При этом наиболее токсичные отходы в Японии не утилизируют, а вывозят к соседям на Филиппины. Еще один японский способ утилизации мусора – строительство так называемых «мусорных островов». Около 250 квадратных километров в Токийском заливе стали сушей за счет переработанной бумаги и оставшегося после сжигания отходов пепла. Такие территории используются под элитное жилье, парки, металлургические заводы и аэропорты.

Опыт Японии показывает, что оптимальный на сегодня способ избавления от мусора - это комбинация из переработки того, что пригодно ко вторичному использованию, и сжигания всего остального. Захоронения, особенно на неконтролируемых полигонах, – удел отстающих стран.

Китай

Китай входит в пятерку крупнейших стран наряду с США, Россией, Канадой и Японией, которые лидируют в мире по неэффективному обращению с отходами. Рынок обращения с отходами в Китае в 2021 г. оценивался в 520328.4 млн долларов, при этом за тот же год было переработано 9,5 млрд тонн отходов. Совокупный годовой темп роста рынка страны в стоимостном выражении составил 1,8% в течение 2017 и 2021 гг., в то время как объем базового рынка

вырос на 1,3% за тот же период.

В последние несколько лет в китайской отрасли обращения с отходами наблюдался значительный рост. Однако ожидается, что в ближайшие несколько лет рынок будет расти медленными темпами. Китай является вторым по величине производителем отходов в мире. С 1992 г. до января 2018 г., пока китайское правительство не запретило импорт 24 видов твердых отходов, включая смешанную бумагу и пластмассы, страна была чистым импортером большого количества отходов из других стран – импорт до 45 % мировых пластиковых отходов (95 % перерабатываемого пластика из ЕС и 70 % из США) [11].

Рост населения Китая наряду с повышением осведомленности об окружающей среде, быстрой индустриализацией и ростом урбанизации будут способствовать росту отрасли обращения с отходами. Кроме того, ожидается, что внедрение жестких государственных норм в отношении открытых свалок будет способствовать росту отрасли.

США

Общее образование твердых бытовых отходов (ТБО) в 2018 г. составило 292.4 млн тонн, или же 2,22 кг на человека в день. Из образовавшихся ТБО примерно 69 млн тонн было переработано, а 25 млн тонн – компостировано. В совокупности было переработано и компостировано почти 94 млн тонн ТБО, что эквивалентно 32,1 % уровню переработки и компостирования. Еще 17,7 млн тонн пищевых продуктов были переработаны другими методами (анаэробное сбраживание, использование земли и канализация, очистка сточных вод) [12]. Кроме того, почти 35 млн тонн ТБО (11,8 %) были сожжены с использованием рекуперации энергии и более 146 млн тонн ТБО (50%) были захоронены на свалках (рис. 4).



Рисунок 4 – Методы утилизации ТБО за 2018 г. в США, %

Источник: составлено авторами по United States Environmental Protection Agency [12]

Общее образование ТБО в 2018 г. составило 292,4 млн тонн, что примерно на 23,7 млн тонн больше, чем в 2017 г. Производство ТБО на душу населения увеличилось с 2,04 кг на человека в день в 2017 г. до 2,22 кг на человека в день в 2018 г. Увеличение с 2017 по 2018 г. в основном является результатом включения Агентством по охране окружающей среды дополнительных способов

утилизации отходов пищевых продуктов.

Бумага и картон составляли наибольшую долю всех материалов в ТБО, составляя 23,1 % от общего объема производства. Производство бумаги и картонных изделий сократилось с 87,7 млн тонн в 2000 г. до 67,4 млн тонн в 2018 г. [12]. Количество выпускаемых газет сокращается с 2000 г., и ожидается, что эта тенденция сохранится частично из-за уменьшения размера страниц, но в основном из-за увеличения оцифровки новостей. Производство бумаг офисного типа (высокого качества) также сокращается, по крайней мере частично, из-за использования электронной передачи отчетов. С 2010 г. на бумагу и картон приходится от 28,4 % до 23,1 % производства.

Пищевые отходы со ставили четвертую по величине категорию материалов, их объем оценивается в 63,1 млн тонн или 21,6 % от общего объема образования в 2018 г. Объем складских отходов в 2018 г. оценивался в 35,4 млн тонн, или 12,1 % от общего объема производства [12]. Это во многом связано с законодательством штата, препятствующим выбрасыванию данных отходов на свалки, включая меры по сокращению источников, такие как компостирование на заднем дворе и оставление обрезков травы на заднем дворе.

Обращение с ТБО по-прежнему является первоочередной задачей органов государственной власти США и местного самоуправления. Это включает в себя сокращение источников образования отходов до того, как они попадут в поток отходов, и утилизацию образующихся отходов для вторичной переработки, компостирования или другими методами. Сюда также входит экологически обоснованное обращение с отходами путем сжигания с рекуперацией и преобразованием энергии, а также методы захоронения отходов, соответствующие действующим стандартам или новым технологиям переработки отходов.

Европейский союз

Европейский союз признан мировым лидером в области управления отходами. Одни из самых высоких показателей утилизации бытовых отходов в мире зафиксированы в таких государствах-членах ЕС, как Германия, Италия и Австрия. Сектор управления отходами отвечает за все аспекты цикла обращения с отходами, предоставляя жизненно важные услуги, такие как сбор, транспортировка, переработка, удаление и вторичная переработка выброшенных материалов. Французские компании Veolia и Suez, а также британская Biffa PLC входят в число крупнейших компаний по управлению отходами в мире по объему выручки [13].

В 2020 г. 60 % размещенных отходов ЕС было переработано в ходе операций по рекуперации, при этом наибольшая доля приходится на вторичную переработку. Отметим, что около трети всех отходов было вывезено на свалки, еще 9% сжигались без рекуперации энергии или утилизировались иным образом. Однако подчеркнем, что методы управления отходами в ЕС сильно различаются в разных государствах-членах. Например, более 80 % отходов в Италии перерабатывается, в то время как в таких странах, как Финляндия и Болгария, отходы преимущественно вывозятся на свалки.

Что касается переработки бытовых отходов в ЕС, то за последние два десятилетия показатели неуклонно росли, достигнув максимума в 49,6 % в 2021 г. [13]. Германия, Бельгия, Швеция и Люксембург отправляют на свалки менее четверти своего мусора. За последнее десятилетие эти страны разработали различные стратегии по сокращению количества и надлежащей утилизации отходов, такие как закрытие загрязняющих свалок и инвестирование в программы крупномасштабной переработки и сокращения количества мусора. Они также построили современные мусоросжигательные заводы, которые сводят к минимуму загрязнение воздуха с помощью фильтров и собирают энергию для использования в отоплении домов и водоснабжения.

Германия, например, является одним из лидеров в Европе в области переработки отходов и охраны окружающей среды. Отходы здесь собираются в семь контейнеров: желтый для упаковочных материалов; синий для бумаги и картона; три контейнера для прозрачного, коричневого и зеленого стекла; «Био» контейнер для остатков пищевых продуктов и других органических отходов и черный контейнер для всего остального. Такие предметы, как батарейки или химикаты, необходимо сдавать в центр переработки. Несоблюдение правил утилизации отходов надлежащим образом может привести к неприятному замечанию или даже штрафу от местной компании по обращению с отходами. Современные центры переработки отходов в стране затем используют технологические достижения, такие как точные инфракрасные сканеры с компьютерным управлением для разделения и уплотнения переработанных материалов в различные типы аккуратных тюков, которые продаются с целью получения прибыли. Помимо этого, в Германии залогом облагаются пластиковые бутылки, который возвращается при возврате бутылок в магазины, где были приобретены напитки.

На ближайшие десятилетия был поставлен ряд амбициозных целей по переработке, направленных на продвижение экономики замкнутого цикла в ЕС. Теперь государства-члены ЕС юридически обязаны перерабатывать (или готовить к повторному использованию) 60% муниципальных отходов, образующихся к 2030 г. Согласно Рамочной директиве Европейской комиссии по отходам, остаточные коммунальные отходы должны быть сокращены на 50 % к тому же году, примерно до 56,5 млн тонн [4].

Южная Корея

Рассматривая опыт Южной Кореи, отметим, что уровень переработки составляет примерно 53,7 % [14]. Более того, стоит подчеркнуть, что есть ряд очень успешных частных компаний, которые собирают отходы, перерабатывают их и продают с целью получения прибыли.

Объем южнокорейского рынка по управлению отходами в 2020 г. оценивался в 2,65 миллиарда долларов. Темп роста составлял 1,1 %, а оценочная стоимость к 2025 г. составит 2,81 миллиарда долларов [14].

В 2018 г. Южная Корея столкнулась с проблемой использования пластмасс и восстановленной бумаги. В апреле этого же года почти 50 компаний по переработке прекратили скупку пластиковых отходов в Сеуле и окрестностях, и

мусор начал скапливаться у жилых зданий. Эта проблема стала самой актуальной в то время. Согласно национальному опросу, проведенному в 2016 г., Южная Корея стала крупнейшим в мире покупателем пластика на душу населения. К 2030 году страна стремится сократить количество пластиковых отходов на 50 % и переработать 70% отходов пластмасс. Комплексные меры по переработке отходов, объявленные в 2018 г., устанавливают ряд политических мер, которые должны быть реализованы на каждом этапе ресурсного цикла - от производства, потребления, утилизации, сбора/разделения до вторичной переработки. Так, например, в 2020 г. все цветные пластиковые бутылки для напитков были заменены прозрачными, которые легче перерабатывать [15].

Согласно Национальному обзору статистики отходов, который проводится каждые пять лет Министерством окружающей среды Кореи, в 2012 г. объем производства бытовых отходов на одно домохозяйство составлял 0,95 килограмма в день. В Южной Корее проживает около 51 миллиона человек, производящих 48,990 тонны продукции в день. С другой стороны, уровень промышленных отходов постоянно растет. В частности, количество строительных отходов, образующихся на фоне бурного развития строительной отрасли, значительно выросло с конца 1990-х до конца 2000-х гг., но на данный момент тенденция замедляется из-за спада в отрасли с 2011 г.

В Южной Корее избавление от муниципальных отходов подразделяется на свалку, переработку, компостирование и сжигание. Исторически большая часть муниципальных отходов перевозилась на местные или региональные свалки, и очень малая - перерабатывалась. В настоящее время плата за утилизацию пищевых отходов в Сеуле взимается в зависимости от метода, выбранного каждым муниципалитетом: либо за объем, либо за вес.

К 2022 г. город планировал вдвое сократить количество одноразовых пластиковых изделий, используемых для переработки пластиковых отходов, при одновременном увеличении коэффициента переработки до 70 %. Более того, местные экологические организации до сих пор предпринимают ряд усилий по поэтапному отказу от пластиковых изделий в рамках политических инициатив Сеула по отказу от пластика, включая пластиковые стаканчики, трубочки, пластиковые пакеты, контейнеры для доставки еды [14].

Страны Ближнего Востока

Высокие темпы роста населения, урбанизации и экономической экспансии на Ближнем Востоке не только ускоряют темпы потребления, но и увеличивают уровень образования всех видов отходов. Валовое образование городских отходов в странах Ближнего Востока оценивается более чем в 150 млн тонн в год. Бахрейн, Саудовская Аравия, ОАЭ, Катар и Кувейт входят в первую десятку стран мира по объему образования твердых отходов на душу населения.

Саудовская Аравия ежегодно производит около 15 миллионов тонн мусора. При приблизительной численности населения около 28 миллионов человек в стране ежедневно образуется примерно 1,3 кг отходов на душу населения. Согласно недавнему исследованию, проведенному Центром управления отходами Абу-Даби, количество отходов в ОАЭ составило 4,9 млрд

тонн, при этом среднесуточное количество отходов в городе Абу-Даби составляет 6 935 тонн, 4 118 тонн – в Эль-Айне и 2 349 тонн в западном регионе [16]. В таких странах, как Кувейт, Бахрейн и Катар, из-за высокого уровня жизни и недостаточной осведомленности об устойчивых методах обращения с отходами наблюдается высокий уровень образования отходов на душу населения.

Стоит добавить, что в странах Ближнего Востока ежедневно образуется огромное количество осадка сточных вод, которое представляет серьезную проблему из-за высоких затрат на его очистку, а также из-за риска для окружающей среды и здоровья населения. В среднем уровень образования сточных вод составляет 80-200 литров на человека в день, а объем сточных вод ежегодно увеличивается на 25 % [16].

Твердые бытовые отходы на Ближнем Востоке в основном состоят из органики, бумаги, стекла, пластмасс, металлов и древесины. Они могут быть преобразованы в энергию с помощью традиционных технологий (таких как сжигание и утилизация свалочного газа) или с помощью современных систем преобразования (анаэробное сбраживание, газификация и пиролиз).

На свалках газ, образующийся при естественном разложении ТБО, собирается из складываемого материала и промывается перед подачей в двигателя внутреннего сгорания или газовые турбины для выработки тепла и электроэнергии. Но анаэробное сбраживание является наиболее предпочтительным способом извлечения энергии из сточных вод. Оставшийся осадок сточных вод можно сжигать или газифицировать/пиролизировать для получения большего количества энергии. Кроме того, процессы преобразования сточных вод в энергию также способствуют рециркуляции воды.

Россия

На сегодняшний день в России образовывается огромное число разных видов отходов, однако стоит отметить, что лишь малый процент обрабатывается должным образом. Большая часть отходов сваливается на открытых полигонах и свалках, зачастую даже без специальных мер защиты от загрязнения почвы, водной среды и прилегающих территорий. В стране насчитывается более 14 700 свалок отходов, занимающих площадь около 4 млн га, что сопоставимо с площадью Швейцарии или Нидерландов. Ежегодно под захоронение постоянно растущего объема отходов ТКО выделяется 400 000 га земли, что эквивалентно площади городов Москва и Санкт-Петербург. Одновременно с этим происходит и нелегальное захоронение отходов, которых, по разным оценкам, насчитывается от 10 000 до нескольких сотен тысяч. Свалки не только выводят из хозяйственного оборота значительные земельные ресурсы, но и загрязняют воздух, верхний слой почвы, грунтовые воды и почву, негативно влияют на флору и фауну, ухудшают качество жизни жителей прилегающих территорий. Масштабы загрязнения окружающей среды токсичными веществами растут из-за отсутствия системы раздельного сбора и утилизации отходов, содержащих токсичные компоненты [17].

На рис. 5 представим объем образования твердых коммунальных отходов в

разрезе Федеральных округов РФ.

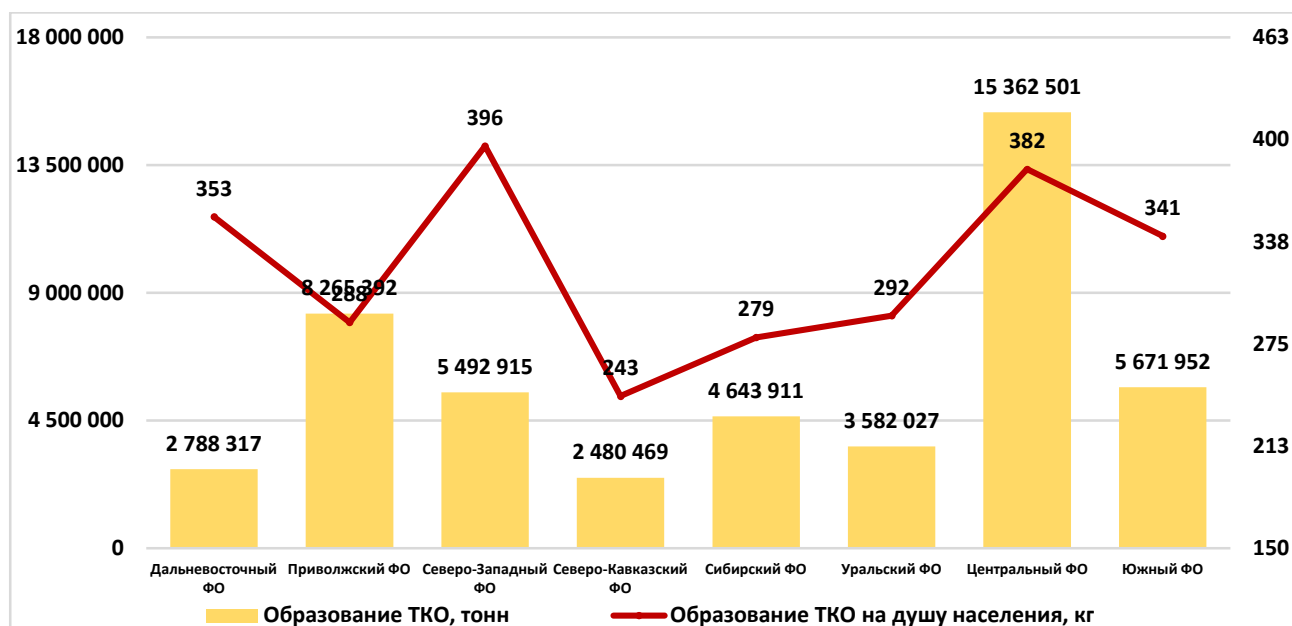


Рисунок 5 – Общий объем образования ТКО и образование ТКО на душу населения в России за 2022 г. в разрезе Федеральных округов
Источник: составлено авторами по Росприроднадзор [18]

Согласно данным Росприроднадзора, лидером по образованию ТКО за 2022 г. стал Центральный ФО с показателем 13 362 501 тонн. Далее идут Приволжский и Южный ФО. Однако, если посмотреть объем образования ТКО на душу населения, то в Центральном округе этот показатель не самый большой. Лидирует здесь Северо-Западный ФО с показателем 396 кг, так как общий объем образования ТКО в этом округе по сравнению с Центральным меньше в 2,8 раз, а население – в 2,9 раз. То же самое можно увидеть и с Дальневосточным и Приволжским Федеральными округами. В первом из них объем образования ТКО на душу населения составляет 353 кг, что на 65 кг больше, чем во втором. Самое минимальное количество кг ТКО на душу населения и, соответственно, общий объем твердых коммунальных отходов имеет Северо-Кавказский Федеральный округ (243 кг/душа населения).

Далее рассмотрим объем отходов ТКО по видам обращения с ними в разрезе ФО России за 2022 г. (см. рис. 6). Из диаграммы видно, что большинство округов, кроме Центрального, отправляют отходы на захоронение, а Центральный – на обработку, что подтверждает необходимость разработки программы мероприятий, направленных на обработку отходов и повышение безопасности окружающей среды.

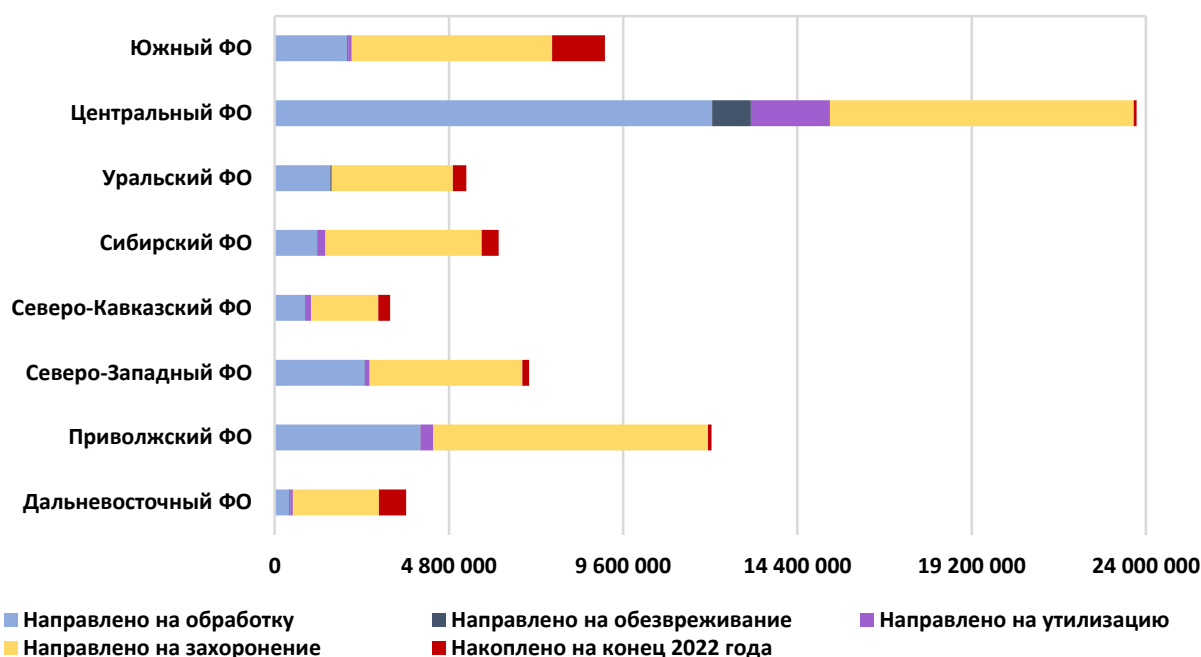


Рисунок 6 – Объем отходов ТКО по видам обращения с ними в разрезе ФО России за 2022 г., тонн. Источник: составлено авторами по Росприроднадзор [18]

Резюмируя проведенный анализ, рассмотрим рейтинг стран по таким показателям, как контролируемость твердых бытовых и коммунальных отходов, где 100 – наивысший показатель, а 0 – соответственно, наихудший, и управление отходами, который основывается на трех показателях: контролируемые твердые отходы, показатели вторичной переработки и загрязнение океана пластиком (см. табл. 1).

Таблица 1 – Рейтинг стран по контролируемости ТБО и ТКО и по управлению отходами

Страна	Контролируемость ТБО и ТКО	Рейтинг среди всех стран	Страна	Управление отходами	Изменение за последние 10 лет	Рейтинг среди всех стран
Швеция	99,40	4	Люксембург	79,10	-	1
Германия	98,50	8	Австрия	77,40	0,1	2
Финляндия	98,30	9	Южная Корея	72,00	3,0	6
Бельгия	98,30	9	Швеция	70,80	3,2	8
Австрия	98,10	11	Финляндия	69,60	2,9	10
Южная Корея	97,90	12	Германия	69,00	1,3	11
Люксембург	97,60	13	Бельгия	68,00	2,7	14
США	96,00	15	Бахрейн	62,40	2,4	28
Япония	92,70	23	Италия	60,60	1,3	33
Италия	91,30	28	Катар	60,60	0,4	33
Саудовская Аравия	91,00	29	Саудовская Аравия	60,30	1,7	35
Бахрейн	90,30	31	Болгария	58,80	0,4	43
Катар	90,20	33	США	54,30	2,7	46
Болгария	84,00	42	Япония	52,80	0,3	47
ОАЭ	67,60	55	ОАЭ	43,40	-2,0	63

Кувейт	49,50	75	Кувейт	32,30	-1,5	87
Китай	45,00	82	Китай	28,60	-0,2	98
Россия	41,10	86	Россия	27,70	3,1	104

Источник: составлено авторами по Environmental Performance Index [19]

Лидерами рейтинга по контролируемости ТБО и ТКО являются такие страны, как Швеция, Германия, Финляндия, Бельгия и Австрия. Россия находится на 86 месте. Что касается управления отходами, то лидерами здесь стали Люксембург, Австрия, Южная Корея, Швеция и Финляндия. Россия занимает 104 место, Китай – 98 место.

Далее рассмотрим рейтинг стран по коэффициенту вторичной переработки и индексу экологических показателей (ЕРІ) (см. табл. 2), где 100 – наивысшая оценка, а 0 – самая низкая.

Таблица 2 – Рейтинг стран по коэффициенту вторичной переработки и индексу ЕРІ

Страна	Коэффициент вторичной переработки	Изменение за последние 10 лет	Рейтинг среди всех стран	Страна	Индекс экологических показателей (ЕРІ)	Изменение за последние 10 лет	Рейтинг среди всех стран
Южная Корея	67,1	1,2	1	Финляндия	76,50	21,0	3
Германия	49,8	0,3	9	Швеция	72,70	15,8	5
Люксембург	42	-0,1	12	Люксембург	72,30	13,5	6
Италия	39,9	0,4	14	Австрия	66,50	7,2	8
Швеция	39,7	0,2	15	Германия	62,40	2,2	13
Австрия	36	0,1	21	Бельгия	58,20	6,1	21
Финляндия	35,4	0,2	22	Италия	57,70	6,0	23
Бельгия	31,7	-	29	Япония	57,20	3,2	25
Болгария	29,8	1,8	36	ОАЭ	52,40	15,9	39
ОАЭ	24,5	1	48	Болгария	51,90	4,6	41
Китай	24,4	1,1	50	США	51,10	3,3	43
Саудовская Аравия	18,8	0,4	77	Южная Корея	46,90	1,8	63
Кувейт	15,4	1,2	91	Кувейт	42,40	15,2	87
США	14,8	0,5	105	Бахрейн	42,00	5,7	90
Бахрейн	14,1	0,3	110	Саудовская Аравия	37,90	9,5	109
Япония	11,5	-	135	Россия	37,50	1,6	112
Катар	6	0,2	166	Катар	33,00	-2,3	137
Россия	5,3	0,8	168	Китай	28,40	11,4	160

Источник: составлено авторами по Environmental Performance Index [19]

Южная Корея занимает 1 место в мире. Далее идут Германия, Люксембург и Италия. Россия же занимает 68 место из 180 стран. Что касается индекса ЕРІ, то лидером из рассматриваемых стран стала Финляндия с результатом 76,50 и самым большим изменением за последние 10 лет – 21,0. Следом идут европейские страны, а далее – Япония, ОАЭ и США. Китай занимает 160 место в мире. Россия – 112 место с показателем 37,50.

Таким образом, в данном исследовании были изучены вопросы управления отходами в странах ЕС, Ближнего Востока, России, Японии, Китае, Южной Кореи и США, а также – текущая ситуация в странах по образованию отходов производства и потребления с их последующей обработкой и утилизацией. Проанализированы основные экологические показатели, связанные с отходами, такие как коэффициент вторичной обработки, индекс ЕРІ, управление отходами и другие.

Проведя анализ особенностей управления отходами в разных странах мира, можно сделать вывод о том, что каждая страна имеет разный уровень вовлеченности в вопросы управления отходами. Кто-то делает упор на ТБО и ТКО, кто-то на вторичную переработку, а кто-то – на управление отходами. Однако, не стоит забывать и о других экологических показателях, таких как водопользование, загрязнение атмосферного воздуха (выбросы тяжёлых металлов), изменение климата, которые тоже следует улучшать для создания безопасной окружающей среды.

Список литературы

1. Пустохин Д.А. Основные риски во внутрипроизводственной логистической системе // Логистика. 2015. № 9 (106). С. 22-27.
2. Кабинетное исследование по Оценке потенциала стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии в области разработки статистических данных для измерения устойчивого развития и экологической устойчивости по линии Счета развития Организации Объединенных Наций (СРООН) // Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций – 2013 Режим доступа: https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.33/2013/mtg4/Desk_study_RU.pdf.
3. Generation of waste by waste category // Statistics | Eurostat Режим доступа: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00108/default/table?lang=en&category=t_env.t_env_was.t_env_wasgt (дата обращения: 26.12.2024).
4. Waste management in Europe – statistics & facts // Statista Режим доступа: <https://www.statista.com/topics/7561/waste-management-in-europe/#topicOverview> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Окружающая среда // Росстат. Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 28.02.2024).
6. Мировой рынок мусора: захоронение отходов – удел отстающих стран // Реальное время. Режим доступа: <https://realnoevremya.ru/articles/166395-mirovoy-musornyy-rynok-pokaziv-peredovyh-stranah-szhigayut-i-sortiruyut-v-rossii-plodyat-poligony> (дата обращения: 27.02.2025).
7. Пустохин Д.А. Особенности управления материальными потоками в производственной логистике // Вестник университета. 2015. № 11. С. 52-57.
8. Федеральный классификационный каталог отходов. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 18.01.2024) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» // Росприроднадзор. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования.
9. History and Current State of Waste Management in Japan // Режим доступа: <https://>

www.env.go.jp/recycle/circul/venous_industry/en/history.pdf (дата обращения: 1.03.2025).

10. The 4th Fundamental Plan for Establishing a Sound Material-Cycle Society // Режим доступа: https://www.env.go.jp/recycle/recycle/circul/keikaku/pam4_J.pdf (дата обращения: 27.02.2025).

11. Отходы в Китае: темная сторона экономического благополучия // Магазета. Режим доступа: <https://magazeta.com/china-waste-management> (дата обращения: 29.02.2025).

12. National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling // United States Environmental Protection Agency Режим доступа: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials#:~:text=In%202018%2C%20the%20amount%20of,landfills%20was%20146.2%20million%20tons> (дата обращения: 02.03.2025).

13. Total waste generation per capita in the European Union (EU-27) in 2020, by country // Statista Режим доступа: Total waste generation per capita in the European Union (EU-27) in 2020, by country (дата обращения: 1.03.2025).

14. Waste Management in South Korea – Market Summary, Competitive Analysis and Forecast to 2025 // Research and Markets Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5446924/waste-management-in-south-korea-market> (дата обращения: 02.03.2025).

15. Land&Waste // Ministry of Environment Режим доступа: <http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=466> (дата обращения: 02.03.2025).

16. Solid Wastes in the Middle East // BioEnergy Consult Режим доступа: <https://www.bioenergyconsult.com/solid-wastes-in-middle-east/#:~:text=According%20to%20a%20recent%20study,about%20sustainable%20waste%20management%20practices> (дата обращения: 02.03.2025).

17. Павленков М.Н., Воронин П.М. Проблемы развития сферы твердых коммунальных отходов муниципального образования // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2018. № 3. С. 130-139. DOI: 10.21603/2500-3372-2018-3-130-139.

18. Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления // Росприроднадзор. Режим доступа: <https://rosprrodnadzor.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения: 02.03.2025).

19. Results Overview // Environmental Performance Index Режим доступа: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi> (дата обращения: 02.03.2025).

ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В АРКТИКЕ КАК ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Сердюкова Е. А., Данилов А. С.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г.
Санкт-Петербург, Россия

Введение

Стратегическое развитие Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) направлено на разработку уже существующих и новых месторождений полезных ископаемых. Ресурсный потенциал Арктики превосходит другие регионы страны по добыче нефти, газа и металлов, в том числе на шельфе. Вместе с этим на уязвимую экосистему арктического региона накладывается дополнительная нагрузка, значительную часть которой составляют отходы производства и потребления, образующиеся в результате деятельности людей. Большая часть отходов не утилизируется должным образом, а накапливается на суше и с течением времени попадает в речные системы, откуда переходит в океан. Так, загрязнение океана становится одной из глобальных экологических проблем современности, что ставит новую задачу перед наукой.

Анализ состояния отрасли обращения с отходами в Арктике как одного из факторов загрязнения морской среды

Мировая история исследований загрязнения океана началась еще во второй половине прошлого столетия. Наибольшее скопление морского мусора антропогенного происхождения обнаружено в Тихом океане (Большое тихоокеанское мусорное пятно, также известное как Восточный мусорный континент или Тихоокеанский «мусороворот»), но на сегодняшний день проблема достигла и северных морей. Установлено, что большую часть отходов составляет пластик [1]. Полезные для человека свойства данного материала, такие как прочность и долговечность, оказались опасными для окружающей среды. Связано это с тем, что в естественных условиях пластик может разлагаться от 50 лет, при этом в условиях морской среды этот срок увеличивается, что становится причиной образования в океане «мусорных островов».

Однако, несмотря на высокую прочность материала, под действием ультрафиолетового излучения, механических повреждений, деятельности микроорганизмов и других факторов со временем пластик распадается на более мелкие частицы диаметром до 5 мм. Частицы такого размера получили название микропластик (МП), а их наличие в водной среде стало одним из наиболее опасных последствий загрязнения воды твердыми коммунальными отходами.

МП находят даже на труднодоступных территориях: в арктических морских льдах его состояние впервые оценили в диапазоне от 38 до 234 частиц на м³ [1], при исследовании Баренцева моря в 2015 году микропластик обнаружен в 95 % проб со средним содержанием от 0 до 1.31 частиц на м³ [2], а в

2019 году на основании научной экспедиции присутствие МП на этой же территории оценили уже в 3,5 частиц/км² [3]. Изучение состава загрязнения реки Северная Двина Архангельской области позволило установить процентное соотношение пластика от всех видов найденных отходов, равное 39,9 %. Всего в исследовании проанализировано 3766 объектов [4].

Несмотря на глобальное состояние проблемы, вред для здоровья человека от микропластика до конца не изучен. При этом установлено, что по пищевой цепи МП от рыб, которые им питаются, попадает в организм человека. Особенно остро эта проблема касается арктических регионов, где рыболовство развито в промышленных масштабах и служит основным источником питания местного населения [5]. В этой связи можно выделить попадание микропластиковых частиц в водную среду как одно из главных последствий глобального макропластикового загрязнения.

Причины накопления пластика в океане различны, поэтому их стоит рассматривать с учетом особенностей региона, из которого они поступают. Однако в большинстве случаев пластик попадает в воду не отдельно, а вместе с другими твердыми коммунальными отходами (ТКО), которые, в свою очередь, накапливаются в результате неправильного обращения с отходами на суше.

На рис. 1 представлены данные об образовании, утилизации и размещении отходов производства и потребления в России с 2019 по 2023 год. Как видно из рисунка, накопление отходов за указанный период увеличивается в отличие от объемов их утилизации, которые остаются примерно на том же уровне.

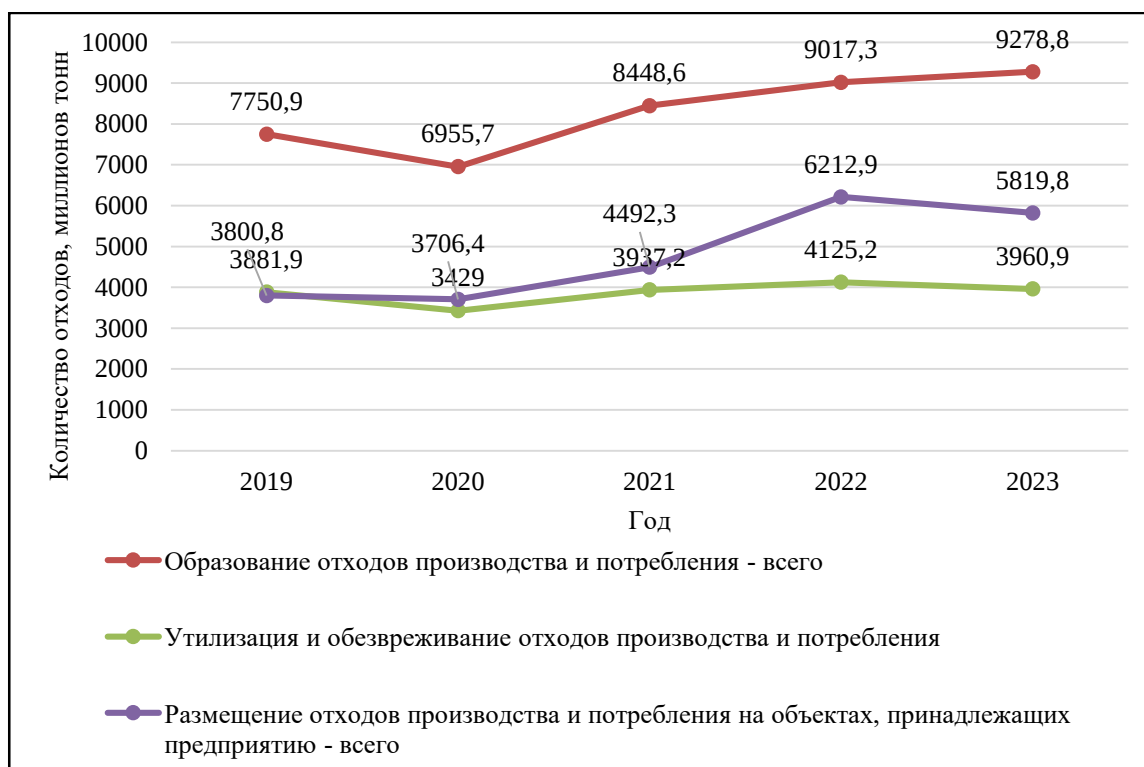


Рисунок. 1. Данные по обращению с отходами производства и потребления в Российской Федерации на конец года за период 2019-2023 г.г. (По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 15.09.2024 г.)

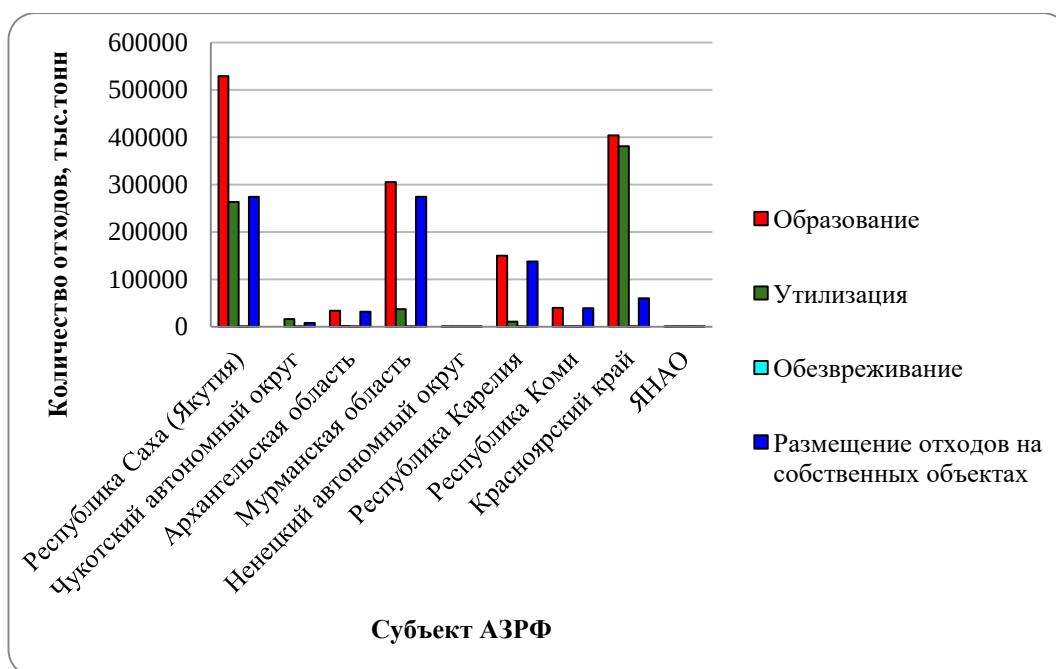


Рисунок 2 – Данные по обращению с отходами производства и потребления в регионах АЗРФ в 2020 году (Сведения Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году»)

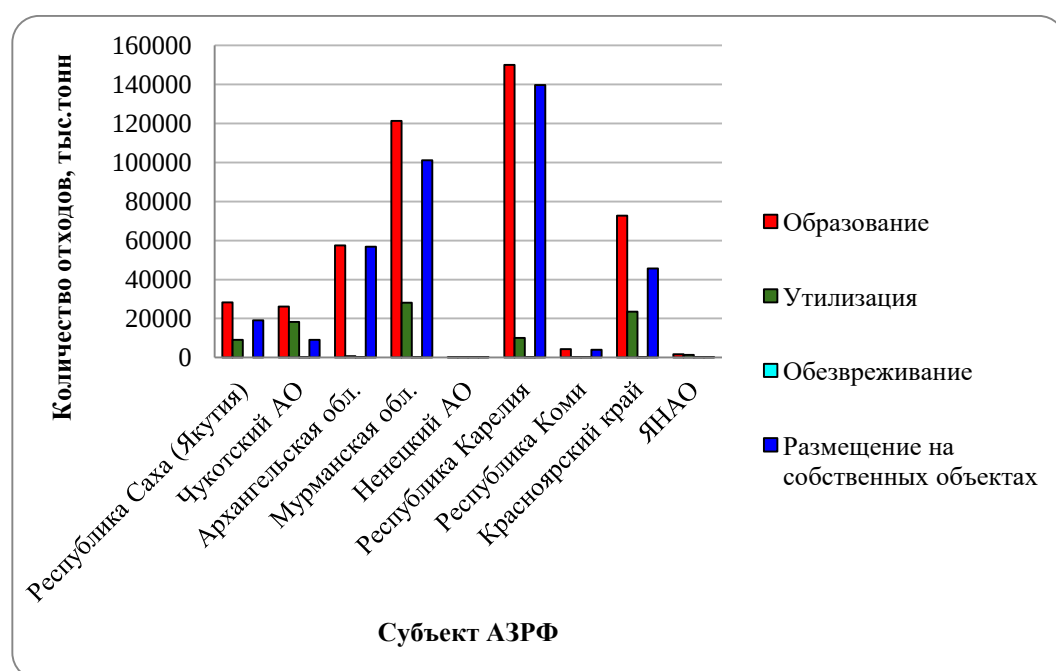


Рисунок 3 – Данные по обращению с отходами производства и потребления в регионах АЗРФ в 2021 году (Сведения Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году»)

Несмотря на то, что АЗРФ включает в себя малонаселенные регионы в сравнении с центральной частью страны, данная проблема здесь также есть и имеет свою региональную специфику. На рисунках 2-4 представлены данные о накоплении, утилизации, обезвреживании и размещении отходов производства и потребления в регионах, входящих в Арктическую зону Российской Федерации, по состоянию на 2020-2022 годы.

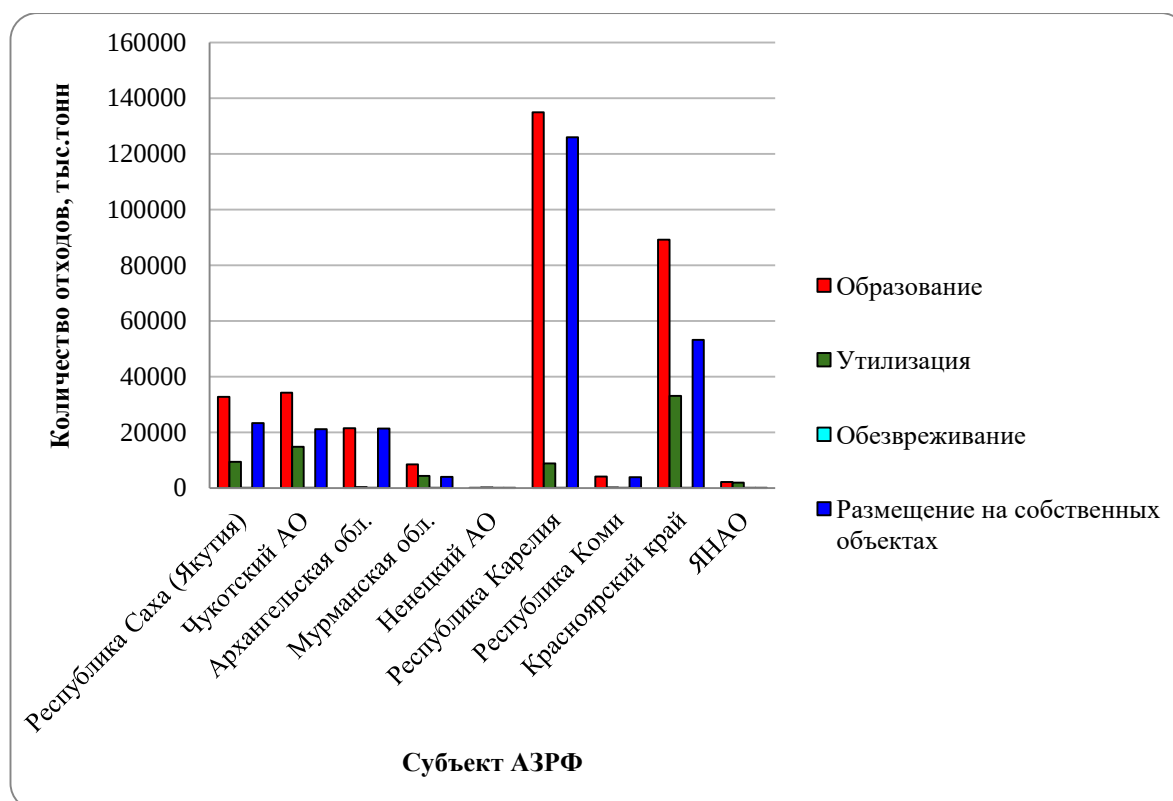


Рисунок 4 – Данные по обращению с отходами производства и потребления в регионах АЗРФ в 2022 году (Сведения Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году»)

Данные показывают, что образование отходов зачастую больше чем в двукратном размере превосходит их утилизацию. В 4 раза данный показатель увеличился в Ямало-Ненецком автономном округе, который полностью расположен в Арктической зоне России. Положительная тенденция отмечается в общем количестве образования отходов: с 2020 года оно уменьшилось на 1 135 973 тыс тонн, что говорит о принятии мер в решении вопроса обращения с отходами со стороны государства.

Рассматривая дальше путь попадания загрязнения в гидросферу, необходимо отметить, что основным источником накопления ТКО являются свалки. На рисунке 5 представлена статистика по количеству несанкционированных свалок в АЗРФ в период с 2019 по 2023 год.

В данном случае положительный прогноз можно дать в отношении образования несанкционированных свалок в Ненецком автономном округе, где их количество равно нулю. Для остальных регионов в сравнении с 2019 годом наблюдается отрицательная тенденция.

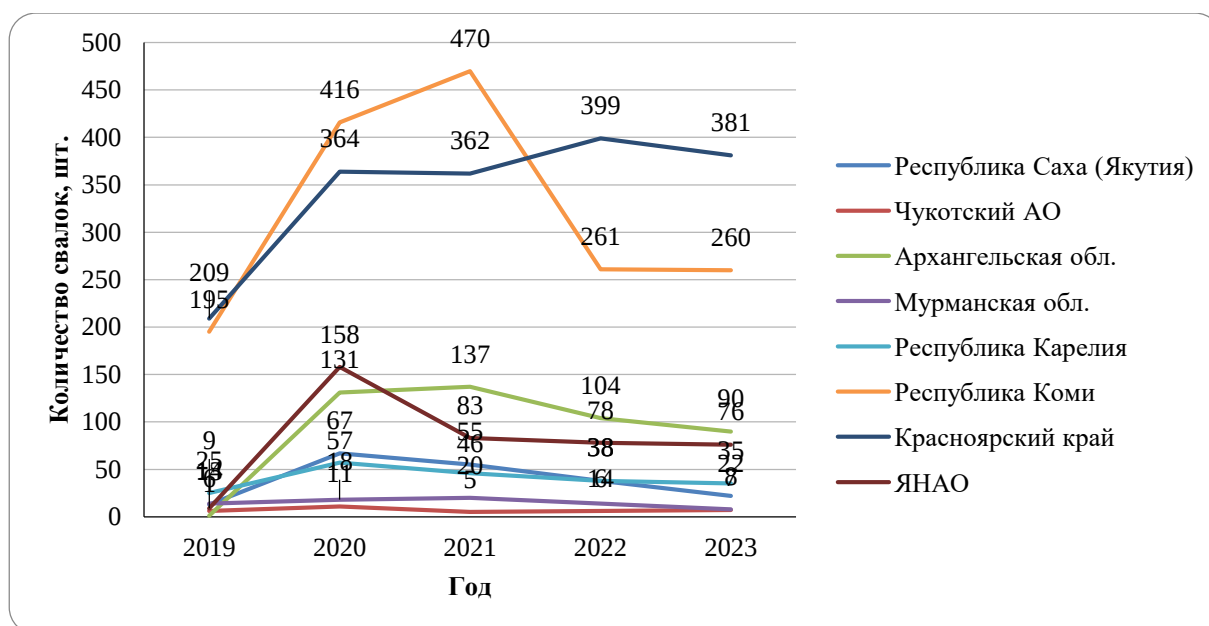


Рисунок 5 – Количество несанкционированных свалок субъектов АЗРФ на конец года (Сведения статистической отчетности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/unauthorized-landfill/> (дата обращения: 21.09.2024 г.)

Региональные особенности отрасли обращения с отходами в Арктической зоне Российской Федерации

Приведенные статистические показатели позволяют раскрыть особенность проблемы обращения с отходами в региональном контексте АЗРФ. Наиболее важную роль играют следующие факторы:

- Протяженность территорий: большие расстояния между населенными пунктами.
- Слабо развитая логистика: основной вид транспорта – авиационный и судоходный.
- Высокие затраты на вывоз и утилизацию отходов (из п. 1 и 2).
- Малая рентабельность вторсырья: свойства изделий из вторичного пластика хуже первичного, что не привлекательно для инвестиций в область переработки.
- Низкие температуры способствуют «примерзанию» отходов к месту расположения, а на эксплуатацию транспорта, который их перевозит, необходимо выделять больше средств с учетом преждевременного износа [6].

Учитывая выше представленные условия для утилизации отходов в Арктике, можно объяснить слабое развитие сектора переработки вторсырья в арктических регионах. По данным одного из крупнейших порталов о предприятиях различного профиля в России «OrgPage» численность предприятий по переработке вторсырья в Архангельской области составила 24, в республике Коми – 23, в Ямало-Ненецком автономном округе – 17, в Мурманской области только 3 предприятия, в Красноярском крае - 95 (при этом не вся территория края расположена в АЗРФ), в Ненецком автономном округе

данных нет, в республике Саха (Якутия) – 7 предприятий, в республике Карелия – 11, в Чукотском автономном округе (АО) – 0³.

Важным фактором сокращения свалок является заинтересованность населения в раздельном сборе отходов и, как следствие, сдачи их на переработку. Необходимое условие для этого – наличие и доступность пунктов приема вторсырья, информация о которых содержится в открытом доступе на карте Recycle.map [7]. По данным сайта лидирующим среди крупных городов рассматриваемых регионов является Мурманск: на сегодняшний день в нем расположено 393 пункта приема вторичного сырья, на втором месте – Архангельск – 171 пункт. В

более отдаленных от центрального региона населенных пунктах севера ситуация значительно хуже: пункт приема либо всего один (г. Норильск, Красноярский край; г. Нарьян-Мар, Ненецкий АО), либо они отсутствуют вовсе (г. Воркута, республика Коми; г. Беломорск, республика Карелия; пгт. Белая гора, республика Саха (Якутия))⁴.

Приведенные данные являются доказательством особой специфики северных регионов в области обращения с отходами производства и потребления. В качестве сравнения стоит отметить, что площадь Чукотского автономного округа больше площади Московской области (МО) в 16 раз, при этом количество пунктов приема вторсырья в МО достигает порядка 10 000, в то время как в Чукотском АО их нет.

Роль минерально-сырьевого комплекса в загрязнении водных объектов Арктики твёрдыми коммунальными отходами

После анализа объемов ТКО и причин их накопления, необходимо рассмотреть вопрос с точки зрения вида экономической деятельности, в результате которой они образуются. Согласно статистическим данным, наибольшее количество отходов производится от сектора добычи полезных ископаемых, в том числе при строительстве предприятий МСК, транспортировке грузов добытого сырья и его хранении. Суммарно они составляют более 97 % от всех отходов, образованных на территориях субъектов Арктической зоны Российской Федерации [8].

Рассматривая отдельно от отходов производства только твердые коммунальные отходы, можно выделить три направления, по которым они попадают в водные объекты в результате деятельности предприятий МСК в Арктике:

- Напрямую: при строительстве и эксплуатации промышленных комплексов, в особенности, находящихся вблизи водных объектов;
- Через транспорт: незаконный сброс с судов, перевозящих сырье;
- Через население: от жителей регионов, преимущественно работающих на предприятиях МСК, и вследствие развития промышленного туризма в Арктике.

³ Сведения Справочника организаций Москвы, России и СНГ «OrgPage». URL: <https://www.orgpage.ru/> (дата обращения: 23.09.2024 г.)

⁴ По данным с карты раздельного сбора отходов Recycle.map. URL: <https://recyclemap.ru/viewer?center=37.617100,55.748300,9.00> (дата обращения: 23.09.2024 г.)

В первом случае существенную роль играют акваторриальные комплексы – добывающие предприятия, расположенные на прибрежных территориях [9].

Проблема незаконного сброса отходов с речных и морских судов неоднократно поднимается учеными, изучающими водную экосистему Арктики. Причина кроется, прежде всего, в представлении людей о море как о безграничном ресурсе, вред которому не могут нанести столь малые в сравнении с его мощностью объемы отходов [5]. Второй фактор – недостаточное регулирование со стороны государств, а в некоторых случаях даже легализация сброса отходов с судна в рамках предупреждения их накопления на нем [10]. При этом большая часть морского арктического транспорта приходится на грузовые суда минерально-сырьевого комплекса.

Последним приведенным источником образования ТКО в Арктике является население. В соответствии с планом стратегического развития Арктики до 2035 года, подписанным президентом РФ, ожидается дальнейшее активное развитие промышленной отрасли и улучшение инфраструктуры для проживания населения, обеспечивающего работу предприятий минерально-сырьевого комплекса. Данный фактор неизбежно повлечет увеличение количества отходов производства и потребления в регионе. По данным Росстата⁵ за последние десять лет количество введенных в эксплуатацию жилых домов в регионах, относящихся к Арктической зоне РФ, увеличилось в среднем в 1,38 раза (рис. 6).

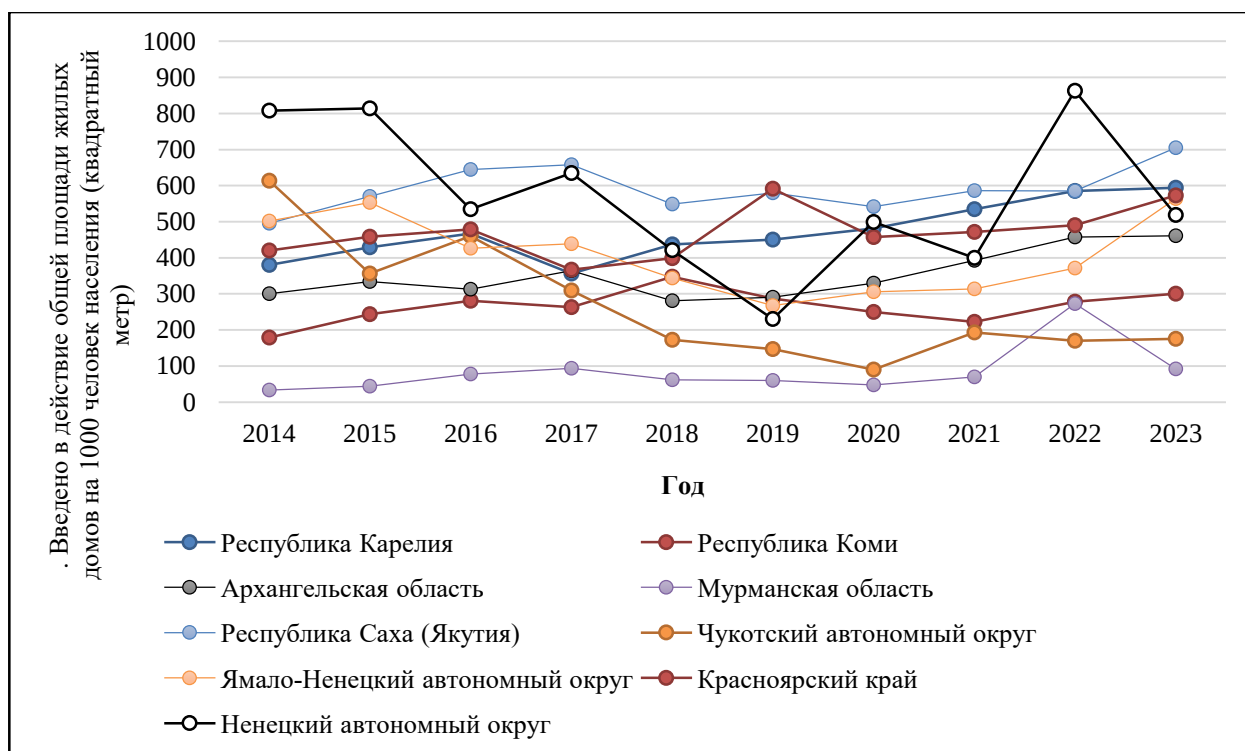


Рисунок 6 – Динамика изменения площади жилых домов, введенных в эксплуатацию в регионах АЗРФ за последние десять лет (2014-2023 г.г.)

⁵ Сведения Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 21.09.2024 г.)

В связи с возрастающей тенденцией роста внутреннего туризма в стране за последние несколько лет популярность получил отдельный вектор туристической отрасли – промышленный туризм. Желающих посетить и узнать изнутри работу предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых, в том числе в российской Арктике, с каждым годом становится все больше. Несомненный плюс в этом есть для экономики арктических регионов, чего нельзя сказать о воздействии на окружающую среду [11]. Существует прямая зависимость между численностью населения и образованием твердых коммунальных отходов, а также, как следствие, – загрязнением окружающей среды [12]. Деятельность туристической отрасли всегда подвергалась критике экологов, а в контексте воздействия на природную среду АЗРФ вопрос необходимо рассматривать более детально в связи с отсутствием налаженной региональной системы обращения с отходами, которая смогла бы минимизировать накопление ТКО от туристов [13].

Заключение

Исходя из вышеизложенного, стоит отметить, что образование и накопление твердых коммунальных отходов в результате работы промышленных комплексов принимает значительные масштабы, что для уязвимой экосистемы Арктики может оказаться губительным. При этом на сегодняшний день данная область не подвергается такому пристальному контролю со стороны государства, как отходы производства.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSRW-2024-0005).

Список литературы

1. Obbard R.W., Sadri S., Wong Y.Q. and other. Global Warming Releases Microplastic Legacy Frozen in Arctic Sea Ice. *Earth's Future*. 2014. no. 2 (6). pp. 315-320. DOI: 10.1002/2014EF000240.
2. Lusher A.L., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. Microplastics in Arctic Polar Waters: the First Reported Values of Particles in Surface and Sub-Surface Samples. *Scientific reports*. 2015. no. 5. p. 14947. DOI: 10.1038/srep14947.
3. Оценка загрязнения Баренцева моря плавающим морским мусором по данным судовых наблюдений в 2019 г / М. П. Погожева, Е. В. Якушев, П. Н. Терский и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 2. С. 87-96. DOI 10.18799/24131830/2021/2/3045. EDN SIAACU.
4. Кочнева А.А., Никитина М.В. Исследование загрязнения побережья Северной Двины полимерными отходами // Успехи в химии и химической технологии. 2022. № 2 (251).
5. Иванова Л.В., Соколов К.М., Харитонов Г.Н. Тенденции загрязнения пластиком акваторий и побережья Баренцева моря и сопредельных вод в условиях изменения климата // Арктика и Север. 2018. № 32. С. 121-145. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.32.121.
6. Коваленко М. С., Сибилева Е. В. Ресурсный состав Арктики, сложности добычи и перспективы ее развития // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2023. № 1(31). С. 26-36.
7. Recycle.map – карта раздельного сбора отходов. Режим доступа: <https://recyclemap.ru/viewer?center=37.617100,55.748300,9.00> (дата обращения: 24.09.2024 г.)
8. Недосека Е.В., Козловский В.В. Региональная специфика обращения с ТКО в Арктической зоне РФ // Арктика и Север. 2021. № 42. С. 223-241. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.42.223.
9. Белов С.В. Особенности пространственного развития производственных комплексов

минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых в российской Арктике / С.В. Белов, В.А. Скрипниченко // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 5 (119). DOI: 10.23670/IRJ.2022.119.5.132.

10. Зайков К.С., Соболев Н.А. Загрязнение морским мусором западного сектора российской Арктики // Арктика и Север. 2021. № 43. С. 246-252. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.246.

11. Логунцова И.В. Особенности развития туризма в арктической зоне России // Государственное управление. Электронный вестник. 2021. № 87.

12. Кривошеева Т.М. К вопросу изучения влияния туризма на экологическую обстановку и социо-культурное природное пространство, в том числе в границах удаленных территорий // Сервис в России и за рубежом. 2018. № 3 (81).

13. Анализ влияния туристской отрасли на экологию регионов / К.А.Блудов // Туризм: технологии и тренды: материалы III студенческой научно-практ. конф., Екатеринбург, 18 февраля 2017 г. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. С. 151-161.

ПИРОЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Соколов Л. И.¹, Воропай Л. М.², Смирнова И. М.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», г. Вологда, Россия

Синтетические и искусственные полимерные материалы находят широкое применение во всех сферах деятельности человека. С каждым годом количество производимых полимерных материалов растет, соответственно увеличивается количество полимерных отходов, поступающих на полигоны для захоронения или вторичной переработки, которые поступают на свалку. Однако из-за высокой их термодинамической стабильности большая часть синтетических и искусственных полимеров не разлагается в течение длительного времени, поэтому их количество с каждым годом возрастает [1]. В связи с этим встает проблема разработки экологически безопасных малоотходных способов их переработки.

Выполненный аналитический поиск свидетельствует, что для переработки термопластичных полимеров широкое применение находит термодеструкция [1]. При выборе технологических условий необходимо учитывать, что это высокомолекулярные вещества, которые имеют разные физические характеристики, включая температуры плавления и термодеструкции.

Известно, что термореактивные полимеры после плавления и охлаждения теряют свои эксплуатационные характеристики и не подлежат термическим способам переработки. Термические способы используют в основном для переработки термопластичных полимеров, к которым относятся процессы прессования, экструзивной переработки и вакуумного прессования [2].

Таким образом, с помощью термических технологий исключается возможность переработки термореактивных полимеров известными способами термического прессования с последующим измельчением или вакуумным прессованием [3].

Для их переработки используют химические гидролитические технологии, в основе которых лежат реакции гетеролиза ковалентных полярных связей между атомами углерода и более электроотрицательными атомами (кислород, азот, сера, галогены). К этим процессам относятся гидролиз, алкоголиз, гликолиз, которые протекают в кислой или щелочной средах [4].

Так, гликолизу подвергают термореактивный полиэтилентерефталат и получают в зависимости от технологических условий смеси полимерных спиртов – полиолов, а также этиленгликоль и терефталевую кислоту.

Все гидролитические технологии требуют большого расхода воды, электроэнергии, монтажа дорогостоящего оборудования, больших производственных площадей, что ограничивает их внедрение в технологические циклы. Для устранения этих недостатков и с целью расширения ассортимента

исходного сырья для всех синтетических и искусственных полимеров для активации процессов деструкции используют физико-химические способы, например, ионизацию, действие электромагнитного поля, а также термодеструкцию, к которым относятся пиролитические технологии [5]. Среди пиролитических технологий наибольшее практическое применение имеет фракционный пиролиз, в результате которого получают восстановленные органические низкомолекулярные жидкие и газовые фракции, используемые в качестве сырья и растворителей [6].

Кроме фракционного пиролиза, наибольшее практическое значение имеет глубокий каталитический пиролиз, протекающий по типовым технологиям в две стадии. Продуктами этих технологий являются адсорбенты древесный и активированный уголь. В отличие от фракционного пиролиза, глубокий пиролиз является более экологически безопасным, требует меньшего расхода воды и электроэнергии за счет сокращения количества стадий и времени на технологические циклы [7].

Поэтому встает проблема разработки и внедрения малоотходных, энергосберегающих экологически безопасных способов, к которым относятся каталитические пиролитические технологии.

В связи с этим поставлена цель разработать пиролитический одностадийный способ переработки термореактивных и термопластичных полимеров. В отличие от существующих технологий способ предполагает использование в качестве катализаторов реакции восстановления углеродсодержащих фракций красную глину с содержанием оксидов железа 1,25 % и 2,85 %. Красная глина одновременно выполняет не только каталитическую функцию, но и герметизатора, а также функцию минеральной матрицы, на поверхности которой образуется гидрофобный углеродный слой, обеспечивающий ее адсорбционную активность.

В работе решаются следующие задачи:

- 1) изучение технологических способов переработки полимерных отходов;
- 2) лабораторные исследования определения технологических условий каталитического пиролиза отходов полиэтилена и полистирола;
- 3) получение лабораторных образцов адсорбентов для их тестирования и определения их адсорбционных свойств и токсичности;
- 4) практические выводы на основании анализа результатов.

Предметом исследования – пиролитический способ разных видов полимерных отходов с применением в качестве катализатора образцов красной глины; объект – полимерные отходы из полиэтилена и полистирола, которые используются в качестве сырья для получения двух видов адсорбентов за счет внедрения пиролиза.

В качестве заглушки реактора (матрицы), одновременно выполняющей функцию герметизатора пиролитического реактора и катализатора, используют два вида глины, взятой из месторождений Вытегорского района Вологодской области. Первый вид глины содержит оксиды железа (III) в количестве 2,85 % от общей ее массы; во втором виде глины содержание оксида железа (III) составляет 1,25 %. Особенностью нового пиролитического способа переработки

термореактивных и термопластичных полимеров является возможность получения за один технологический цикл двух видов продуктов – адсорбентов с развитой пористой гидрофобной поверхностью – импрегнированная глина, активированный уголь (карбонизированный углерод) для очистки сточных вод и газовых выбросов. Это карбонизированный углерод и импрегнированная глина.

Для достижения цели используют физико-химические методы анализа. Это гравиметрия, фотоэлектроколориметрия, а также метод определения токсичности с применением прибора «Биотестер-2М».

Методика эксперимента

Для определения температуры и времени пиролиза на первом этапе готовят образцы полиэтилена и полистирола. Образцы полимеров отмывают, измельчают, отбирают навески, помещают в термический реактор и добавляют воду. Смесь закрывают керамической заглушкой, изготовленной из глины, выполняющей функции герметизатора и матрицы для импрегнирования. Известно, что в состав глины входят оксиды железа (III), выполняющие каталитическую функцию, восстановление углеводородных фракций на поверхности глины. Поэтому перед пиролизом определяют содержание оксида железа (III) в образцах глины, используемые для изготовления заглушек. Согласно эксперименту, образцы глины массой 20 г спекают с 10 г гидроксида калия при температуре 500 °С. После охлаждения к плаву добавляют при постоянном перемешивании 40 мл воды, 20 мл концентрированной азотной кислоты, 10 мл раствора соляной кислоты концентрацией 25 %. Осторожно нагревают раствор при температуре 60-70 °С и доводят объем до 100 мл дистиллированной водой. Далее раствор фильтруют через керамический фильтр Шотта, отбирают объем, равный 50 мл, приливают маленькими порциями раствор сульфосалицилата натрия до появления фиолетовой окраски. Титруют раствором трилона Б концентрацией 0,05 моль-экв/л до перехода фиолетовой окраски в светло-желтый цвет. Содержание оксидов железа (III) рассчитывают по формуле 1:

$$C(Fe_2O_3) = \frac{T_{\text{(Трилон Б)}} \cdot V_{\text{(Трилон Б)}} \cdot 100 \cdot 100}{m(100 - \omega)}, \quad (1)$$

где $C(Fe_2O_3)$ – содержание оксида железа (III), %;

$T_{\text{(Трилон Б)}}$ – титр 0,05 М Трилона Б;

$V_{\text{(Трилон Б)}}$ – объем Трилона Б, пошедшего на титрование пробы;

m – масса навески глины;

ω – влажность глины, %.

Результаты показывают, что в образцах глины содержатся неодинаковое количество оксидов железа (III). В более темной глине содержание соединений железа составляет 2,85 %; в образцах светлой глины их содержание меньше и равно 1,25 %.

Пиролиз проводят в муфельной печи марки «ПМ-10М» при температурах 500 °С, 550 °С, 600 °С в течение 3 часов. После охлаждения определяют массы продуктов пиролиза и рассчитывают выход твердого углеродистого остатка, а также степень импрегнирования глины, после чего исследуют адсорбционные свойства полученных образцов. В качестве сорбата используют раствор

метилоранжа. На последнем этапе исследования определяют токсичность полученных образцов адсорбентов на приборе «Биотестер-2М».

При определении степени импрегнирования глины используется один ее замес для получения нулевого образца глины и образцов глины – катализаторов и герметизаторов реактора. Для этого берется сухая измельченная глина и вода в массовых соотношениях 1:3. Смесь тщательно перемешивается до образования пластичной массы, и выдерживают на воздухе в течение суток. По истечении указанного времени отбирают две одинаковые по массе навески глины и из них формируют заглушки. Одной заглушкой закрывают реактор, и она подвергается импрегнированию. Вторую заглушку помещают в муфельную печь и ее используют в качестве нулевого образца для определения изменения массы матрицы за счет процессов дегидратации, декарбонизации и десульфатизации. Изменение массы нулевого образца учитывают при расчете степени импрегнирования каталитической глиняной заглушки (матрицы).

Для определения возможности использования полученных адсорбентов для очистки, например, сточных вод и газовых выбросов, определяют степень их токсичности в соответствии с методикой [8]. Эксперимент проводят на приборе «Биотестер-2М» с использованием инфузорий *Paramecium caudatum*. Индекс токсичности отношению к идеальной среде рассчитывают по формуле (2):

$$T = \frac{L_{\text{ид.ср}} - L_{\text{ан.пр}}}{L_{\text{ид.ср}}}, \quad (2)$$

где T – индекс токсичности;

$L_{\text{ид.ср}}$ – количество инфузорий в идеальной среде;

$L_{\text{ан.пр}}$ – количество инфузорий в анализируемой пробе.

По индексу токсичности определяют степень токсичности (T) анализируемой пробы. Если индекс токсичности меньше 0,4 вещество токсичное. При значении T больше 0,4 и меньше 0,7 вещество умеренно токсичное. Вещество нетоксичное, если T больше 0,7.

Анализ результатов

При определении технологических условий реактор с образцами полимеров помещают в муфельную печь при температурах 500, 550, 600 °С и термостатируют в течение 3 часов. После пиролиза определяют выход адсорбентов – углеродистого остатка и импрегнированной глины. Результаты исследования представлены на рис. 1.

На основании эксперимента доказано, что увеличение температуры пиролиза от 500 до 550 °С способствует повышению выхода карбонизированного углерода. Эта закономерность установлена для всех образцов полимерных отходов, которые подвергаются пиролизу, за исключением образцов полиэтилена. Последние подвергаются термической обработки с использованием керамической заглушки с меньшим содержанием оксидов железа. При дальнейшем повышении температуры наблюдается уменьшение выхода продукта пиролиза в связи с выгоранием и окислением углерода до оксида и диоксида углерода. Оптимальная температура пиролиза полистирола – 550 °С.

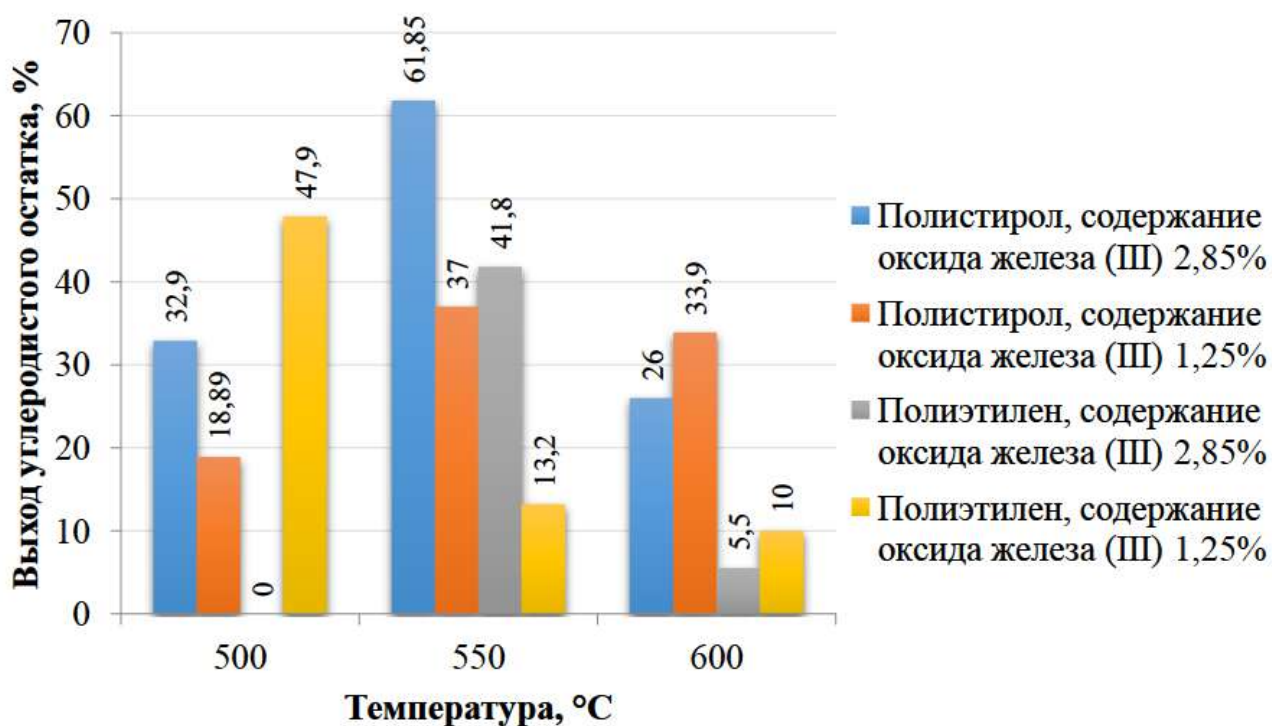


Рисунок 1 – Влияние температуры на выход углеродистого адсорбента

Установлена зависимость выхода адсорбентов от содержания оксидов железа в образцах глины. При увеличении содержания оксидов железа в заглушке от 1,25 до 2,85% выход углеродистого остатка при пиролизе полиэтилена и полистирола возрастает.

При определении гидрофобизации образцов глиняных заглушек матрицы экспериментально находят степень импрегнирования, которая равна отношению массы восстановленного на поверхности глины углерода к массе глиняной заглушки.

Эта величина характеризует адсорбционную активность матрицы после импрегнирования, которая зависит не только от температуры, но и от содержания углерода в полимере.

При одном и том же значении степени полимеризации полиэтилена и полистирола, содержание углерода в полистироле составляет – 92 %, а в полиэтилене – 85 %. Поэтому при пиролизе одинаковых количеств полиэтилена и полистирола формируются разные по толщине и степени пористости адсорбционные слои гидрофобной поверхности.

Результаты эксперимента определения степени импрегнирования глиняных заглушек представлены на рис. 2.

Результаты свидетельствуют, что при температуре пиролиза 500 °C для всех образцов матрицы степень ее импрегнирования максимальная. При пиролизе полистирола с глиняной заглушкой с содержанием оксида железа 2,85 %, она составляет 3,156 %; при пиролизе полиэтилена при тех же условиях эта величина равна 0,287 %. При температуре пиролиза выше 500 °C происходят процессы выгорания и окисления восстановленного углерода, что сопровождается уменьшением степени импрегнирования и формированием пористой поверхностью. При уменьшении содержания в образцах глиняной матрицы оксидов железа от

2,85 до 1,25 % их каталитическая активность также уменьшается.

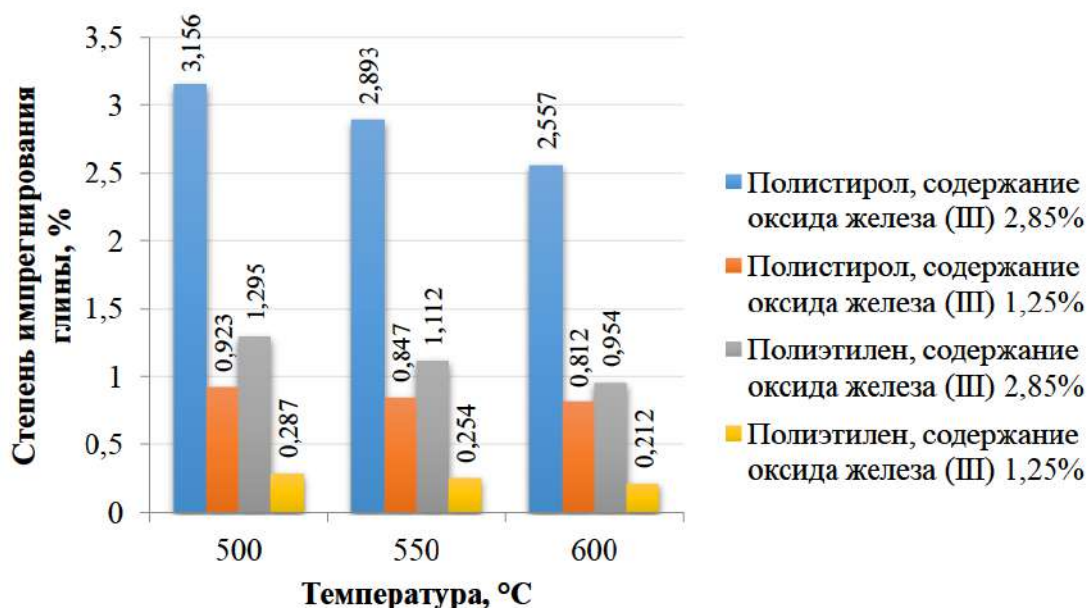


Рисунок 2 – Степень импрегнирования глиняных заглушек от температуры

На следующем этапе работы полученные образцы адсорбентов тестируют на адсорбционные свойства. Для определения адсорбционной емкости полученные образцы углеродистого остатка и импрегнированной глины помещают в раствор метилоранжа и фотоэлектроколориметрическим способом находят адсорбционную емкость. Результаты эксперимента приведены на рис. 3 и 4.

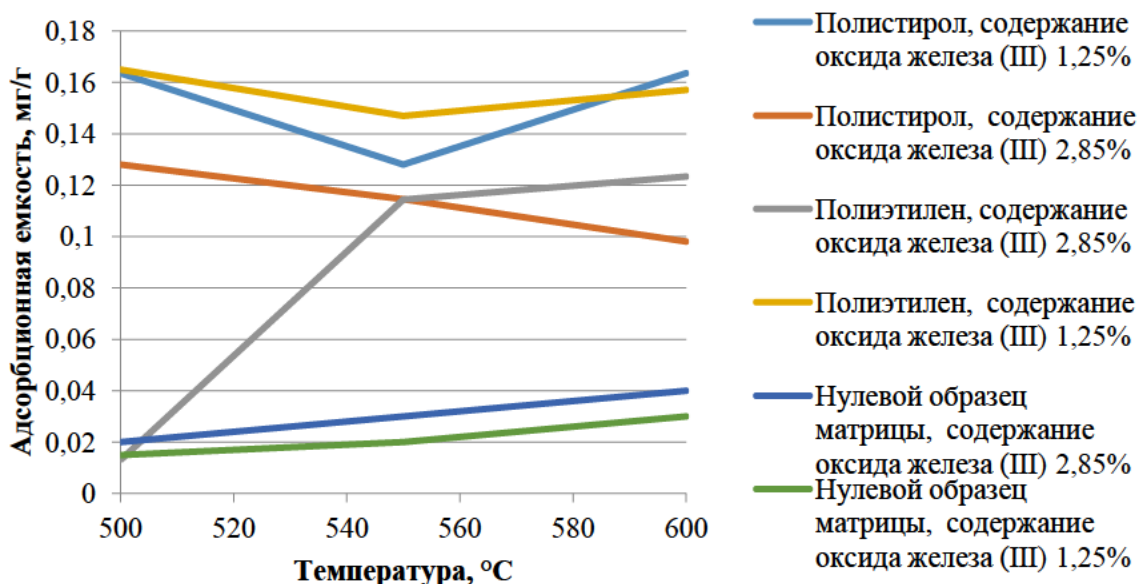


Рисунок 3 – Зависимость адсорбционных свойств импрегнированной глины от температуры

Результаты свидетельствуют, что при использовании матрицы с содержанием оксида железа 2,85 % формируется структура адсорбента с меньшей пористостью. При использовании глиняной заглушки с меньшим содержанием оксидов железа образуется гидрофобный углеродистый слой меньшей толщины и большей пористости. Доказано, что адсорбционная емкость

нулевых образцов глины меньше в сравнении с этим показателем для импрегнированной заглушки, что доказывает целесообразность проведения импрегнирования.

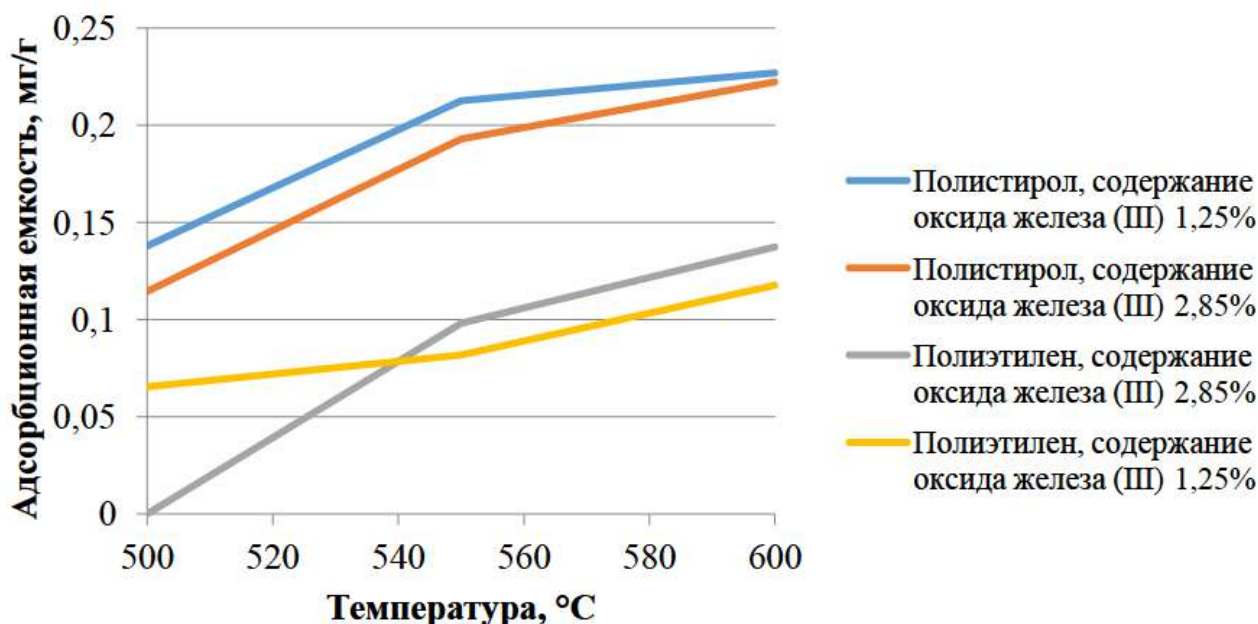


Рисунок 4 – Зависимость адсорбционных свойств, твердого углеродистого остатка от температуры

На рис. 4 представлены результаты исследования адсорбционных свойств твердого углеродистого остатка, который образуется после пиролиза полимеров.

Установлено, что с повышением температуры пиролиза от 500 до 550 °C адсорбционная емкость всех образцов адсорбентов увеличивается.

При практическом применении адсорбентов учитывают токсичность. Результаты определения индекса токсичности образцов адсорбентов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Индексы токсичности образцов адсорбентов

Температура, °C	Содержание оксида железа (III), %	Вид полимера	Индекс токсичности	
			Уголь	Глина
500	1,25	Полистирол	0,7	0,39
550	1,25	Полистирол	0,75	0,45
600	1,25	Полистирол	0,77	0,7
500	2,85	Полистирол	0,9	0,5
550	2,85	Полистирол	0,99	0,6
600	2,85	Полистирол	0,99	0,86
500	2,85	Полиэтилен	-	0,39
550	2,85	Полиэтилен	0,86	0,55
600	2,85	Полиэтилен	0,9	0,7

Установлено, что с увеличением температуры индекс токсичности уменьшается. Вероятно, это объясняется процессами выгорания токсичных

низкокипящих продуктов разложения полимера. Наименее токсичными являются адсорбенты, полученные при пиролизе полистирола с использованием заглушки с большим содержанием оксидов железа. Результаты доказывают, что все полученные адсорбенты относятся к классам нетоксичных и умеренно токсичных адсорбентов, что позволяет их использовать для очистки сточных вод и газовых выбросов.

Таким образом, на основании результатов исследования экспериментально доказано:

1) пиролитический каталитический способ переработки термореактивных и термопластичных полимеров позволяет за один технологический цикл получать два вида адсорбентов: активированный уголь и импрегнированную углеродом глину.

2) подобраны оптимальные технологические условия пиролиза полиэтилена и полистирола: температура 500-550 °С; время пиролиза 3 часа; катализатор минеральная матрица – глина с содержанием оксидов железа 2,85 % и 1,25 %.

3) при использовании глины с содержанием оксидов железа 2,85 % формируется большая толщина углеродистого слоя на поверхности импрегнированной глины и уменьшается степень адсорбции.

4) все полученные образцы адсорбентов имеют развитую пористую поверхность и относятся к классу нетоксичных или умеренно токсичных адсорбентов, что позволяет их использовать при очистке сточных вод и газовых выбросов.

5) внедрение в технологические циклы нового пиролитического способа переработки термореактивных и термопластичных полимеров позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, получить востребованные адсорбенты, которые сорбируют как органические, так и неорганические примеси.

6) способ является экологически безопасным, экономически выгодным, не требует больших энергетических и материальных затрат и может быть внедрен в производства в рамках их диверсификации.

Список литературы

1. Способ получения каталитически активного зернистого фильтрующего материала; патент. 2363536, Российская Федерация, № 2007145999/15, МПК7 B011 20/06. / Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л., Бредихин М.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет; заявл. 10.12.2007; опубл. 10.08.2009. Бюл. № 22. 6 с.

2. Безопасное уничтожение высокотоксичных веществ / С. Бекер, Р. Дерре // Российский химический журнал. 1993. Т. XXXVII. № 3. С. 29-32.

3. Способ переработки отходов пластмасс в строительный материал; патент. 2302433, Российская Федерация, № 2006117965/12, МПК7 C081 11/04. / Фомин В.В., Каблуков В.И., Тороян Р.А. и др.; заявитель и патентообладатель: ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный унив.»; заявл. 24.05.2006; опубл. 10.03.2015. Бюл. № 19. 4 с.

4. Устройство для переработки резиновых отходов; патент. 2543619, Российская Федерация, № 2013159260/04, МПК B29B 17/00. / Градов А.С., Сусеков Е.С.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Научно-Производственное объединение Инноватех»; заявл.

30.12.2013; опубл. 10.03.2015. Бюл. № 7. 17 с.

5. Способ и установка для переработки отходов пластмасс; патент. 2471576, Российская Федерация, № 2010146082/03, МПК В07В 9/00. / Х. Гушалл, Д. Гольдманн.; заявитель и патентообладатель Фольксваген АГ (DE), Зикон ГМБХ (DE); заявл. 21.03.2009; опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1. 18 с.

6. Гориславец С.П., Тменов Д.Н., Майоров В.И. Пиролиз углеводородного сырья. Киев. Наукова думка 1997. 309 с.

7. Получение и применение древесных активированных углей в экологических целях / Беляев Е.Ю. // Химия растительного сырья. 2000. № 2. С. 5-15.

8. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.2-98. Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищено-сточных, сточных, талых, технологических вод экспресс методом с применением прибора серии «Биотестер». Москва. ФГУП ЦПП, 2015. 27 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РЕЦИКЛИНГЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Стрельников К.Д., Успенская М.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ),
г. Санкт-Петербург, Россия

Сегодня строительная отрасль производит огромные объемы отходов. По данным различных исследований, 30-40 % общего объема твердых бытовых отходов приходится именно на стройматериалы. Эти отходы включают в себя остатки бетона, дерева, металла, стекла и многое другое.

По данным Роспотребнадзора в 2023 году из 97 млн т строительных отходов, на переработку было направлено лишь 12,3 млн т – это менее 13 %. Остальное отвозится на полигоны или на стихийные свалки, при этом именно остатки стройматериалов занимают основную часть захоронений.

Большинство строительных отходов можно успешно перерабатывать, а вторсырье вновь направлять в оборот. Соответствующая цель поставлена правительством РФ: в 2022 году был утвержден паспорт программы по применению вторичных ресурсов в сфере строительства и ЖКХ на период до 2030 года. Целью введения документа являлось увеличение массы отходов, вовлекаемых в хозяйственный оборот, снижение количества отходов строительства, отправляемых на захоронение, формирование комплексного подхода к обращению с отходами строительства на всех этапах жизненного цикла. Поэтому выбор рациональных технологий сортировки и переработки строительных отходов является комплексной задачей. Ожидается, что к 2030 году около 40% строительных отходов будут использоваться повторно.

Согласно опросу «РОКВУЛ», 81 % застройщиков передают часть отходов на переработку профильным предприятиям. Это самый распространенный способ утилизации. На втором месте – перепродажа оставшихся материалов (63 % компаний), на третьем – использование специализированных контейнеров для разных типов отходов (57 %). Также среди методов утилизации распространены дробление бетона и кирпича для повторного применения (47 %) и использование отходов в ландшафтном дизайне (39 %). Проблема обращения с отходами является одной из самых актуальных и важных в современном мире. Для России, это также является крайне актуальной проблемой. Несмотря на декларирование целей устойчивого развития в области обращения с отходами, уровень вторичной переработки остается крайне низким.

С научной точки зрения рециклинг – это система технологических и организационно-экономических мероприятий по возвращению отходов потребления и производства в повторный хозяйственный оборот. Для строителей рециклинг – это возврат в промышленное производство материалов, которые содержатся в отходах строительства. К сожалению, в области переработки строительных отходов Россия значительно отстает от показателей

мировой практики.

После промышленного демонтажа и сноса зданий остается огромное количество фактически бесплатного сырья для производства строительных материалов и проведения различных строительных работ. Вторичное сырье стоит дешевле первичного, при этом не уступает ему по качеству. В странах Европы доля строительных отходов, которые попадают на свалки, стремится к нулю. В таких странах, как Швеция, Голландия и Дания перерабатывается 90 % строительного мусора. В Германии, например, вообще запрещено складирование мусора на полигонах, что способствует применению переработанных отходов. Таким образом, в строительную индустрию возвращается значительная часть отходов.

Современные технологии и оборудование делают возможным производить рециклинг прямо в местах демонтажа, что существенно снижает издержки на хранение и транспортировку отходов. За счет такой оптимизации европейские компании значительно снижают себестоимость будущего строительства.

Для нашей страны рециклинг – явление молодое. Данную отрасль с уверенностью можно назвать перспективной для России. Несмотря на очевидность проблемы, до настоящего времени не решен ряд ключевых вопросов, существенно затрудняющих развитие технологий рециклинга с последующим использованием вторичных продуктов.

Цель настоящей статьи – анализ инновационных технологий промышленного рециклинга строительных отходов.

Разработка и внедрение перспективных технологий позволит решить ряд важных задач:

1. Совершенствование действующих методов и создание новых технологий сбора и переработки строительных отходов.
2. Создание новых материалов со специфическими характеристиками.
3. Снижение вредного воздействия строительных отходов на окружающую среду.

Уже сейчас необходимо осваивать и внедрять инновационные технологии промышленного рециклинга строительных отходов, направленные на повышение эффективности и экологичности процессов.

Одним из перспективных направлений является использование нанотехнологий. Применяя наноматериалы, полученные на основе отходов строительного происхождения, возможно не только уменьшить количество отходов, но и превратить их в ценные ресурсы.

С помощью нанотехнологий можно создавать материалы с улучшенными механическими, электрическими, оптическими и химическими свойствами. Это открывает широкие перспективы во многих областях науки и технологий, включая и охрану окружающей среды. В качестве добавок могут использоваться различные типы наночастиц, которые вносят свой вклад в улучшение определенных свойств вторичных материалов из строительных отходов, например, позволяют получить бетоны с более плотной структурой и повышенными механическими свойствами.

Использование нанотехнологий в решении проблемы отходов имеет огромный потенциал для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Благодаря разработке новых материалов, методов обработки и утилизации, а также созданию инновационных способов переработки, можно сократить объемы отходов, повысить эффективность их переработки, а также сэкономить природные ресурсы.

Еще одним направлением может стать возможность использования искусственного интеллекта для оптимизации процессов сортировки и переработки строительных отходов. Компьютерная система способна распознавать и классифицировать материалы, пригодные для переработки, и имеет возможность обнаружить загрязняющие вещества, которые могут представлять опасность для общества и окружающей среды. Эти технологии позволяют более эффективно идентифицировать различные типы материалов и определять наиболее подходящие методы их переработки. Минимизируя ошибки, искусственный интеллект в автоматизированной сортировке способствует производству более качественного вторсырья. Проводимые исследования в данной области способствуют разработке моделей робототехники и автоматизации для переработки строительных отходов.

Например, в Финляндии разработали робота **Recycler** для сортировки строительных отходов. Оборудование состоит из ленты конвейера, двух манипуляторов, камер и датчиков, а управляет им искусственный интеллект. Когда строительные отходы попадают на контейнер, Recycler захватывает манипулятором отдельные объекты и направляет их в контейнеры в соответствии с материалом, из которого они сделаны. Точность его работы – 98%, манипулятор может поднять объект весом до 20 килограммов. В США роботы от компании AMP Robotics с вакуумным захватом и машинным зрением распознают пластик, бумагу и другие материалы, выделяя пригодные отходы для переработки. Подобные технологии применяются и в других странах: в Канаде и Южной Корее.

В России аналогичные системы используют в компании «РТ-Инвест», где роботы разделяют отходы по типу: первый робот работает по принципу оптического сепаратора, второй – проверяет, чтобы в потоке не пропустить пригодные для переработки материалы. А в Москве нейросети контролируют утилизацию крупногабаритного мусора, отслеживая мусоровозы в реальном времени.

Возможности искусственного интеллекта в технологии переработки отходов только раскрываются. Сегодня системы сортировочных линий с компьютерным зрением уже демонстрируют отличные результаты. Но впереди – интеграция более мощных алгоритмов и технологий, таких как мультиспектральный анализ, который позволит распознавать отходы не только по внешнему виду, но и по химическому составу. В перспективе полностью автоматизированные заводы могут взять на себя все этапы переработки: от сортировки до упаковки готового сырья.

Таким образом, искусственный интеллект – это быстро развивающаяся технология, которая набирает популярность в различных отраслях

промышленности, особенно в области обращения с отходами. Применение искусственного интеллекта позволит увеличить объем вторичных ресурсов и уменьшить количество строительных отходов, подлежащих захоронению.

Другим инновационным подходом при переработке отходов строительства служит использование их в качестве расходных материалов при строительстве зданий, сооружений или конструкций с применением 3D-печати. Данный метод завоевывает все большую популярность в строительстве и в будущем технология трехмерной печати станет неотъемлемой частью строительной индустрии. Обычно при использовании 3D-печати в строительстве в качестве расходного материала применяются специальные виды бетонов. Применение бетонного лома позволит существенно сократить расходы и время на создание материалов для нового строительства.

Сегодня для 3D-печати в строительстве используют три типа материалов:

- Товарный бетон. Его адаптировали для 3D-печати с помощью специальных добавок, что снизило стоимость смеси. Такое снижение затрат на материалы расширит возможности 3D-печати в строительстве, потому что технология станет дешевле.

- Готовая сухая смесь. Это самый популярный материал. Ее преимущество состоит в простом производстве и высоких потребительских характеристиках: прочности, морозостойкости, долговечности.

- Нестандартный бетон. Например, зеленый бетон – геополимер, где цемент, заменяется на альтернативные компоненты. Второй пример – это смеси с пониженным содержанием цемента, где его роль играют органические компоненты. На сегодняшний день в России недостаточно развита технология производства нестандартных бетонов, и для их широкого развития нужны дополнительные разработки.

Успешная реализация инновационных подходов в технологии переработки строительных отходов требует комплексного подхода, включающего сотрудничество между государственными органами, бизнесом и научным сообществом. Необходима разработка четких нормативных актов и стандартов, регулирующих процессы переработки, что позволит повысить доверие к вторичным материалам.

Инновационные технологии в переработке строительных отходов не только способствуют улучшению экологической ситуации, но и открывают новые бизнес-возможности, а также являются необходимым условием для создания эффективной и устойчивой строительной отрасли, способной справляться с вызовами современности и обеспечивать комфортные условия жизни для будущих поколений.

Рециклинг в строительстве имеет широкую перспективу, однако, его внедрение в промышленное производство нуждается в детальной проработке. Решение таких задач, как уменьшение количества строительного мусора, извлечение вторичного сырья, безопасное устранение остатков вредных отходов после сортировки, позволит сохранить природный потенциал территорий, обеспечит возврат в товарный оборот ценных вторичных ресурсов, повлияет на экологию, экономику территорий и на социальную жизнь в целом.

Список литературы

1. Зеленцов С. Цель и средства: российские девелоперы рассказали, что мешает рециклингу строительных отходов // Строительная газета. Москва. 2024. № 48. С. 19.
2. Банникова А.С., Чепелева К.В., Пухова В.В. Рециклинг в строительстве: проблемы и перспективы развития на территории Восточной Сибири // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 14-21.
3. Гранева А.В., Лушин К.И., Пуляев И.С. и др. Экономика замкнутого цикла при переработке отходов из бетона и железобетона // Нанотехнологии в строительстве. 2024. № 16 (1). С. 50-58.
4. Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Нурмагомедов Т.Н. и др. Перспективы применения современных технологий при переработке строительных отходов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». 2017. Т. 18. № 2. С. 236-244.
5. Акри Е.П., Пташинский Д.Г. Современные методы утилизации и переработки строительного мусора // Тенденция развития науки и образования. 2020. № 60-1. С. 76-78.
6. Bingbing Fang, Jiacheng Yu, Zhonghao Chen and other Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review // Environmental Chemistry Letters. 2023. С. 1959-1989. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01604-3>.
7. Флорес-Вивиан И., Прадото Р., Моини М. и др. Влияние SiO₂-наночастиц на свойства цементных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2018. № 11. С. 6-16.
8. Городнова Н.В. Применение искусственного интеллекта в проектах «SMART-ЭКОЛОГИЯ» // Дискуссия. 2021. Вып.105. С. 34-48.
9. Жук П.М., Лаврушевич А.А. Геоэкологические аспекты анализа жизненного цикла строительных материалов // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. № 3. С. 99-111. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2020.03.09>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЗОНИРОВАНИЯ СВАЛОК: ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ

Титова А. Г.

ФГБУН «Институт географии Российской академии наук», г. Москва, Россия

С начала 2000-х годов в России объем твердых коммунальных отходов (ТКО) увеличивался на 9 % в год, достигнув максимальных значений в 2019 году – 61 млн тонн. За последние пять лет генерация отходов стабилизировалась на уровне около 45 млн тонн в год. Лишь 20 % от этого объема перерабатывается, остальные поступают на свалки и полигоны [1].

Количество полигонов в 2019 году в стране насчитывалось порядка 3 тыс, из которых около 1 тыс были официальными, в то время как свалок насчитывалось более 25 тыс. Они занимали площадь в 132 тыс га, территорию сопоставимую с Санкт-Петербургом.

Свалки представляют собой нелегальные места скопления отходов без инженерной защиты, тогда как полигоны – это специально оборудованные сооружения с многоуровневой системой экологической безопасности. Оба типа объектов состоят из основного массива отходов – свалочного тела и прилегающей территории, подвергающейся их негативному влиянию.

Свалки и полигоны оказывают комплексное негативное воздействие на окружающую среду, загрязняя почву, воду и воздух через фильтрат, свалочный газ и разнос отходов. Они также генерируют парниковые газы, способствуют распространению заболеваний и создают угрозы для авиации. Их большая площадь, труднодоступность и характерные проблемы (пожары, оползни) существенно осложняют проведение исследований, мониторинга и контроля.

В настоящее время управление такими объектами основано на функциональном зонировании, но оно часто игнорирует реальные геоэкологические условия [2]. Традиционные методы мониторинга недостаточны, а дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) редко применяется для детального анализа. Поэтому ключевой задачей является разработка эффективных методов оперативного выявления проблемных зон на свалках и сбора качественных пространственных данных.

Зонирование как метод территориального разделения по функциональным признакам находит широкое применение в различных сферах деятельности. В контексте мониторинга свалок этот подход демонстрирует особую перспективность [3-5]. В исследовании предложена геоэкологическая система зонирования (ГСЗ) на основе дистанционного мониторинга, которая апробирована на полигонах и свалках в Московской и Тульской областях.

Материалы и методы

В рамках исследования были применены методы анализа литературных источников и архивных данных, картографические методы, полевые исследования, включающие изучение почв, грунтов, природных вод и

фильтрата, а также анализ официальной статистической информации и нормативный правовых документов.

Информационную базу исследования составили крупномасштабные пространственно-временные данные, полученные в результате проведения собственной аэрофотосъемки ключевых свалок и полигонов с использованием БПЛА DJI Inspire1 PRO, общедоступные архивные аэрофотоснимки и космоснимки спутников Keyhole KH-9, WorldView-4, Landsat-4, IKONOS и др., включая данные ДЗЗ с тепловыми каналами ИК-радиометра, глобальные цифровые модели рельефа (SRTM, AW3D30, GLO-30), данные, полученные в ходе полевых и лабораторных исследований природных вод, фильтрата, почв и свалочного грунта ключевого полигона.

Аэрофотоснимки обрабатывались в Agisoft Metashape с созданием цифровых моделей рельефа и ортофотопланов высокого разрешения (4-8 см/пиксель). Пространственный анализ включал дешифрирование объектов, морфометрические расчеты, гидрологическое и термическое моделирование, оценку состояния растительности по NDVI. Полевые исследования проводились с использованием сертифицированного оборудования (дозиметр-радиометр «ЭКО-1», мультипараметровый прибор Hanna Combo), лабораторные анализы выполнены в аккредитованной лаборатории ИПТМ РАН. Полученные данные обработаны статистическими методами с расчетом ПДК, кларков, коэффициентов миграции и суммарных показателей загрязнения почв.

ГСЗ на основе дистанционного мониторинга

Зонирование свалок предполагает их разделение на свалочное тело и прилегающую территорию с последующей классификацией по иерархическому принципу. Каждая зона характеризуется общими геоэкологическими и технологическими параметрами, определяемыми на основе нормативных документов, практического опыта и научных исследований.

Усовершенствованная методика включает два основных блока.

Первый блок определяет характер рельефа, гидрологию, температуру и растительность и включает в себя 3 этапа картографирования.

1. Определение характера рельефа изучаемой местности и микрорельефа свалки (общий характер, формы, микрорельеф, склоны).

2. Определение характера увлажнения и нагрева поверхности.

3. Определение характера и состояния растительного покрова (тип, плотность, степень нарушенности).

Второй блок отражает фактическое использование и состояние геосистем и включает 2 этапа картографирования.

1. Классификация использования земель на основе концепции CORINE Land Cover [6].

2. Детальная классификация свалочного тела и прилегающей территории.

Существующее функциональное зонирование, которое делит территорию свалки на хозяйственную и производственную зоны, дополнено 2 зонами: вспомогательная – указывает на наличие в пределах территории свалки дополнительных технологических решений в отношении отходов,

проектируемая – подразумевает боковое расширение свалки.

К указанному зонированию предложено 6 подзон: природоохранная, изолированных отходов, рекультивированная, активного захоронения, транспортная, аномальных поверхностей. Важно отметить, что и у свалочного тела, и у прилегающих территорий есть одна объединяющая их подзона – «Подзона аномальных поверхностей», которая указывает на аномалии – на происходящие или происходившие негативные процессы (рис. 1).



Рисунок 1 – Классификация подзоны аномальных поверхностей

Подзоны выделены на основе технологических процессов, происходящих на свалке одновременно сопоставляя их с существующим состоянием геосистем.

Разработанная система ГСЗ позволяет унифицировать мониторинг свалок, сочетая геоэкологические и технологические параметры в единой картографической модели.

Результаты и обсуждения

Разработанная ГСЗ прошла успешную апробацию на четырех объектах захоронения отходов на Европейской территории России, продемонстрировав свою эффективность для комплексной оценки свалочных территорий. Исследование охватило как официальные полигоны, так и нелегальные свалки, что позволило получить репрезентативные данные о состоянии различных типов объектов размещения отходов.

На примере неофициальной поселковой свалки в Тульской области площадью 3,8 га система зонирования выявила серьезные нарушения в организации пространства объекта. Анализ показал отсутствие технологической пересыпки отходов грунтом, что создает повышенные риски возгораний и ветрового разноса мусора. Особую тревогу вызывает загрязнение прилегающих сельскохозяйственных угодий фильтратом, что может негативно сказаться на качестве производимой продукции. Хаотичная организация работ подтверждается отсутствием четких границ функциональных зон.

Применение ГСЗ на полигоне Тульской области площадью 8,7 га

позволило идентифицировать 40 различных зон, включая 8 зон на самом свалочном теле и 32 зоны на прилегающей территории. Среди наиболее серьезных проблем были выявлены термические аномалии в зоне активного захоронения, свидетельствующие о возможных процессах разложения отходов или скрытых очагах возгорания. Особое внимание привлекли нарушения гидрологического режима, вызванные засыпкой водоемов отходами, а также факты несанкционированного использования лесных и сельскохозяйственных земель для размещения отходов.

Исследование городской свалки в Тульской области (4,9 га) подтвердило отсутствие должного уплотнения отходов, что значительно увеличивает экологические риски. Выявленные зоны избыточного увлажнения и заболоченности указывают на реальную угрозу загрязнения грунтовых вод, подчеркивая необходимость срочных рекультивационных мероприятий.

Наиболее масштабное тестирование зонирования было проведено на полигоне Московского региона площадью 34 га. Анализ выявил 71 зону различного функционального назначения и экологического состояния, включая 48 зон на самом свалочном теле. Среди ключевых проблем отмечена недостаточная устойчивость откосов, неэффективность систем сбора биогаза и фильтрата, а также серьезное загрязнение прилегающих территорий. Полевые исследования подтвердили наличие участков с разливом фильтрата, что свидетельствует о необходимости модернизации инженерных систем объекта.

Проведенные исследования убедительно доказали научно-практическую ценность разработанной ГСЗ. Система существенно расширяет возможности традиционного зонирования за счет комплексного учета геоэкологических факторов (рельефа, гидрологических условий, состояния растительности), а также позволяет выявлять аномальные зоны и контролировать соблюдение экологических нормативов.

Выводы

1. Предложенное зонирование на основе дистанционного мониторинга показало свою эффективность для мониторинга и контроля свалок, что подтверждено апробацией на ключевых объектах исследования.

2. Метод позволяет оперативно выявлять проблемные участки, определять приоритеты для превентивных мер и оценивать экологические риски, независимо от удаленности, площади и доступности свалок.

3. Исследование показывает, что неофициальные свалки представляют большую угрозу, чем официальные полигоны, из-за отсутствия контроля.

4. Предложенное зонирование способствует унификации классификации и картографирования свалок, выводя результаты в удобный картографический формат.

5. Метод может быть использован на всей территории страны органами власти, природоохранными организациями и предприятиями.

Список литературы

1. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации»: Сайт. URL: <https://www.mnr.gov.ru/docs/>. (Дата обращения:

10.09.2024).

2. Свод правил СП 320.1325800.2017. Полигоны твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация // Минстрой России. М., 2017. 11 с.

3. Замотаев И.В. Дистанционный и геохимический мониторинг почвенно-растительного покрова объектов размещения отходов (Курская область) / И.В. Замотаев, Н.О. Тельнова, О.В. Кайданова, Т.И. Борисочкина, С.Б. Сулова // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 96-110.

4. Бутачина О.Г. К расчету устойчивости насыпи из золошлаковых и твердых бытовых отходов / О.Г. Бутачина, Н.В. Балацкая // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20, № 9. С. 16-19.

5. Казакова Л.Г. Рекультивация территорий несанкционированных свалок урбанизированных зон / Л.Г. Казакова // Вестник Сибирского гос. индустриального ун-та. 2018. № 2(24). С. 30-34.

6. Лавриненко И.А. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний // Геоботаническое картографирование. 2020. № 2020. С. 51-77.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕРАБОТАННЫХ И ВТОРИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Хохлова И. Л., Вельковская М. И., Мухин В. В.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Современный мир сталкивается с масштабными экологическими вызовами, обусловленными истощением природных ресурсов и накоплением отходов производства и потребления. Концепция циклической экономики приобретает особую значимость, акцентируя внимание на минимизации отходов и эффективном использовании ресурсов [1, 2]. Архитектура и строительство являются одними из наиболее ресурсоемких секторов и играют ключевую роль в переходе к устойчивым моделям развития.

Целью исследования является анализ возможностей и ограничений архитектурного проектирования, с использованием переработанных и вторичных строительных материалов, получаемых из отходов строительства, сноса зданий и сооружений [4].

Авторы исследования [3] подсчитали, что во всем мире люди производят более 3,5 миллионов тонн твёрдых бытовых отходов каждый день. В 2050 году, по оценкам ООН, число людей во всем мире составит 9,7 миллиарда человек, а в 2100 году – 11,2 миллиарда. Количество производимых отходов будет расти.

Авторы [3] выделяют несколько категорий твёрдых бытовых отходов, среди которых С и D – отходы строительства и сноса зданий. Быстрая урбанизация увеличивает строительную активность во всем мире, что является проблематичным для окружающей среды [2, 3, 5]. Это вызывает опасения, такие как необходимость извлечения большего количества натурального сырья и производство большого количества С и D отходов. Строительная отрасль потребляет больше всего ресурсов в целом, на ее долю приходится более 32 % всех вводимых ресурсов. Это включает до 40 % всех затрат энергии и 12 % всех затрат воды [3]. Авторы статьи [3] также утверждают, что сжигание отходов увеличивает глобальные выбросы углекислого газа на дополнительные 5 %.

По данным исследования [2] на основании статистики Росстат, в России также происходит увеличение образования отходов производства и потребления, за 2005–2021 годы – в 2,8 раза. В то время как утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления в 2021 году составили всего 3937,2 миллионов тонн против образования этих отходов в 8448,6 миллионов тонн. Рост объемов отходов превышает по темпам рост объемов их утилизации, что мотивирует страну переходить на циркулярную экономику [2, с. 14].

Этот подход способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и открывает возможности для создания инновационных архитектурных решений, отвечающих современным требованиям устойчивого развития [1, 2].



Рисунок 1 – Сравнение моделей линейной и циркулярной экономики

Таким образом, актуальность представленной темы обусловлена следующими факторами:

1. Использование переработанных и вторичных строительных материалов позволяет существенно уменьшить объемы отходов, направляемых на полигоны, снижая негативное воздействие на почву, воду и воздух [3, 4, 5];

2. Применение таких материалов сокращает потребность в добыче и переработке первичных ресурсов, что приводит к экономии энергии и природных богатств [3, 5];

3. Повторное производство, как правило, требует меньше энергии по сравнению с производством традиционных материалов [2, 3, 5], что способствует снижению выбросов парниковых газов и борьбе с изменением климата;

4. Новые возможности для архитектурного экологичного проектирования зданий и сооружений.

Исследование [5] показало, что до 80 % строительных отходов можно переработать для использования в новых строительных проектах. Такие материалы, как отходы бетона, кирпичи и стекло, можно повторно использовать в качестве сырья, предлагая устойчивый подход к строительству [3, 4, 5].

Отходы строительства и сноса делятся на две основные категории: ресурсы, созданные человеком, и природные ресурсы [5]. К ресурсам, созданным человеком, относятся строительные остаточные отходы, отходы сноса зданий и сооружений и отходы отделки. К природным ресурсам относятся архитектурные объекты, пострадавшие от бедствий (землетрясений, наводнений, ураганов, цунами и т.д.). Неразумная и неправильная утилизация таких твердых отходов может привести к потере значительного количества строительных материалов, которые имеют потенциал к обработке и повторному использованию, а также усугубит экологическую обстановку [2, 3, 5].

На основании исследований [4, 5] можно выделить основные виды переработанных и вторичных строительных материалов и их возможное вторичное использование:

1. **Переработанный бетон и щебень** производятся из строительных отходов путем их дробления. Используются в ландшафтном дизайне в качестве заполнителей для бетона, оснований дорог и тротуаров;

2. **Переработанный пластик** применяется для производства строительных блоков, панелей, черепицы, дренажных систем и т.п.;

3. **Переработанное стекло** используется для производства изоляционных и отделочных материалов (стекловаты, пеностекла, стеклоблоков и др.);

4. **Переработанная древесина** служит основой для изготовления древесно-стружечных (ДСП) и древесноволокнистых (ДВП) плит и клееного бруса (КДК);

5. **Переработанная резина** используется для производства резиновой плитки, покрытий детских площадок, а также элементов звуко- и виброизоляции;

6. **Металлический лом** является основой для производства арматуры и металлоконструкций.

Авторы исследования [5] проанализировали несколько экспериментов и сделали следующие выводы.

Например, было определено, что летучая зола с угольных электростанций, кремнеземная пыль от производства ферросилициевого сплава и доменный шлак улучшают физические и механические свойства товарного бетона.

Замена части мелкого заполнителя пылью отходов токарного станка увеличила прочность на сжатие, прочность на растяжение при раскалывании и прочность на изгиб бетона на 38 %, 13 % и 19 % соответственно [5].

Кроме того, замена 5 % цемента порошком отходов кремнеземного камня улучшила прочность на сжатие и растяжение бетона на 18,8 % и 10,46 % соответственно.

Таким образом, использование переработанных С и D отходов в строительных проектах имеет много преимуществ [2, 3, 4, 5], включая снижение затрат на строительство, исключение сбора за утилизацию и ненадлежащую утилизацию, снижение энергопотребления. Применение переработанных материалов в строительстве следует рассматривать не как альтернативную деятельность, а как то, в чем должны участвовать все представители строительной и смежных отраслей. В перспективе внедрения принципов строительства с использованием переработанных и вторичных материалов будут следующие изменения: значительное снижение загрязнения окружающей среды парниковыми газами и другими токсичными веществами; упор на большую сохранность полезных лесных и минеральных угодий; снижение общих экономических затрат; распространение практических знаний, что скажется на осведомленности населения, создании новых рабочих мест и развитии научных исследований на эту тему.

Крайне важно признать, что ни один материал не может иметь нейтрального воздействия на окружающую среду. Тем не менее, возможно оценить материал на основе его характеристик. Идеальные переработанные и вторичные строительные материалы должны быть экологически чистыми, экономически эффективными и предлагать социальные выгоды [5], то есть соответствовать актуальным ESG-стандартам (Environmental, Social, Governance principles).



Рисунок 2 – Основные ESG-стандарты строительных материалов

В качестве примеров внедрения переработанных и вторичных материалов в строительство можно привести следующие объекты:

1. Центр утилизации отходов в Копенгагене, Дания (официальное название – Copenhill или Amager Bakke) [6].

Инновационный комплекс, спроектированный Bjarke Ingels Group (BIG) во главе с Бьярке Ингельсом, не только выполняет функцию мусоросжигательного завода, перерабатывая отходы в энергию, но и является общественным пространством. На крыше здания расположена горнолыжная трасса, пешеходные дорожки и стена для скалолазания. В строительстве комплекса широко использовались переработанные материалы, такие как переработанный металл, бетон и дерево. Фасады облицованы переработанными алюминиевыми панелями.

Amager Bakke демонстрирует, как переработка отходов может быть интегрирована в городскую среду, создавая функциональные и привлекательные объекты инфраструктуры.



Рисунок 3 – Центр утилизации отходов. Копенгаген, Дания

2. Дом, построенный из бутылок в качестве блоков, в Аргентине [7].

Дом, построенный семьей Альфредо Санта Круса в Белла-Виста, Аргентина, является ярким примером креативного использования переработанных материалов. Стены дома построены из более чем 30 тысяч пластиковых бутылок, которые были специально собраны семьей и местными жителями. Бутылки наполнены песком и цементом и служат в качестве прочных и теплоизолирующих строительных блоков. Этот проект демонстрирует, как доступные и дешевые материалы могут быть использованы для строительства экологически чистого и устойчивого жилья. Он также подчеркивает важность вовлечения сообщества в процессы переработки и вторичного использования материалов.



Рисунок 4 – Альфредо Санта Крус на фоне дома из бутылок. Белла-Виста, Аргентина

На основании всех полученных фактов, можно определить следующие возможности и недостатки переработанных и вторичных строительных материалов (табл. 1.).

Таблица 1 – Возможности и недостатки переработанных и вторичных строительных материалов

Возможности	Недостатки
• За счет минимизации отходов и экономии ресурсов снижается негативное воздействие на окружающую среду; • Переработанные стройматериалы дешевле первичных, что обеспечивает снижение стоимости строительства; • Некоторые виды переработанных и вторичных строительных материалов обладают повышенными характеристиками тепло- и звукоизоляции, что способствует повышению энергоэффективности зданий; • Такие материалы представляют инновационный потенциал для разработки актуальных уникальных архитектурных решений.	• Свойства вторичных материалов могут варьироваться в зависимости от источника и методов переработки, что усложняет их стандартизацию и прогнозирование эксплуатационных характеристик; • Отсутствие стандартов и строительных норм препятствует их широкому внедрению; • В различных регионах доступ к ним может быть ограничен; • С точки зрения психологии человека переработанные материалы могут считаться менее надежными и долговечными по сравнению с первичными материалами.

Для успешного внедрения переработанных и вторичных строительных материалов в практику необходимо внести следующие изменения:

1. Разработать и внедрить нормативные документы, стимулирующие использование материалов в строительстве на государственном уровне;
2. Усовершенствовать технологии переработки отходов и повысить качества вторичных материалов;
3. Проинформировать население о преимуществах использования переработанных и вторичных строительных материалов;
4. Поддерживать научные исследования и разработки в области создания новых переработанных строительных материалов.

Таким образом, архитектурное проектирование с использованием переработанных вторичных строительных материалов способствует переходу к циклической экономике, снижает негативное воздействие на окружающую среду, сокращает объемы отходов, экономит природные ресурсы и уменьшает углеродный след. Приведенные в пример исследования показывают успешное применение этой методики. Для их широкого внедрения необходимо разработать нормативную базу, стимулировать переработку отходов и повышать осведомленность населения.

Список литературы

1. Кузьбожев И.Н. Сущность циклической экономики и предпосылки ее внедрения / И. Н. Кузьбожев // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. Курск, 2023. Т. 1. 352–355.
2. Григорюк Н.И. Развитие экономики замкнутого цикла в сельскохозяйственной отрасли / Н.И. Григорюк., Е.А. Воронина // Современные проблемы и тенденции развития экономики и управления бизнес-процессами / отв. ред. Е.Е. Моисеева, Е.А. Воронина; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2022. С. 14-16.
3. Akponovo Oghenerukome. A Review on Recycled Materials Used in Construction / Oghenerukome Akponovo, Lynda I. Onyebuchukwu // International Journal of Structural and Construction Engineering. 2023. Vol. 17, № 10. pp. 408–414. ISNI 0000000091950263.
4. Вторичные строительные материалы: виды, применение, преимущества // СтройСоюз. URL: <https://souzgroup.ru/tpost/5ziiesl9z1-vtorichnie-stroitelnie-materiali-vidi-pr> (дата обращения: 11.03.2024).
5. Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects / L. Chen, M. Yang, Z. Chen [и др.]; Materials Today Sustainability. 2024. Vol. 27.
6. Герасимов М.А. Инновационные центры переработки отходов с общественным пространством в структуре прибрежных зон / М.А. Герасимов, И.В. Клименко // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 4 (65). С. 157-168. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/4kvart23/PDF/11_gerasimov.pdf.
7. Ecological Plastic Bottle House // Atlas Obscura. URL: <https://www.atlasobscura.com/places/ecological-plastic-bottle-house> (дата обращения: 11.03.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Хохлова И. Л., Виноградова А. Е., Миронова М. А.

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Введение

В России существует проблема избытка строительных отходов в результате сноса зданий, в том числе для будущего строительства [1, 2].

Анализ объёмов строительства в Москве и Московской области, показывает, что это не менее 350 млн тонн строительного мусора в год [2, 3]. В федеральном законе «Об отходах производства и потребления» выделено пять классов отходов по степени опасности: первый класс – чрезвычайно опасные, второй класс – высокоопасные отходы, третий класс – умеренно опасные отходы; четвёртый класс – малоопасные отходы; пятый класс – практически неопасные отходы.

Отходы, относящиеся к классу «чрезвычайно опасные» могут разлагаться более ста лет, к таким веществам относятся: соли мышьяка, крезол, масло синтетического происхождения, люминисцентные лампы, ртуть, асбест и т.д. – отходы промышленных, химических и радиоактивных предприятий.

В связи с пагубным влиянием строительного мусора на экологию, необходимо найти способ вторичного использования материалов. При поэтапном демонтаже и сносе здания не менее 80 % строительного мусора подлежит вторичной обработке и использованию [2, 3], однако большинство застройщиков не используют эту технологию, так как требованиями к проектной документации она не предусмотрена. В связи с этим в основном строительный мусор продолжает загрязнять окружающую среду.

Уменьшение опасного для экологии строительного мусора также достижимо посредством использования для возведения зданий биоразлагаемых материалов. Биоразлагаемыми называют отходы, которые могут быть расщеплены на метан, воду, углекислый газ, компост и гумус. Также биоразлагаемыми называют материалы из органики, которые могут быть расщеплены микроорганизмами и другими живыми существами при помощи компостирования. К биоразлагаемым относятся и материалы не из органики, но которые могут быть расщеплены, например, гипс и его производные (гипсокартон) [4]. К таким материалам можно отнести: бамбук, солому, древесину, торф, песок, камень, натуральный хлопок, натуральный клей, каучук, а также отходы сельского хозяйства.

В Краснодарском крае, одной из самых сельскохозяйственно развитых регионов России, образуется значительное количество сельскохозяйственных отходов. Эти отходы включают в себя растительные остатки, такие как солома, стебли, листья, а также отходы животноводства, такие как навоз и подстилка. Объем сельскохозяйственных отходов в регионе может достигать миллионов тонн ежегодно, в зависимости от урожайности и объёма производства.

Переработка сельскохозяйственных отходов может стать важным элементом устойчивого развития края. На современном этапе существует множество технологий, позволяющих эффективно использовать эти отходы. Одним из самых перспективных направлений является производство экологически чистых строительных материалов. Например, сушёная и измельчённая солома может быть использована в качестве добавки в бетон или кирпичи, что улучшает их теплоизоляционные свойства и снижает общий вес.

Навоз, который часто рассматривается как утилизационная проблема, может быть переработан в органические удобрения или использоваться для производства строительных материалов, таких как экологически чистые саманные кирпичи. Эти кирпичи, сделанные из смеси глин и навоза, могут значительно снижать углеродный след строительства.

Таким образом, переработка сельскохозяйственных отходов в Краснодарском крае не только помогает уменьшить количество отходов, но и создаёт множество новых возможностей для экономики региона, способствует развитию устойчивых практик в строительстве и улучшает экологическую ситуацию. Применение таких технологий не только экономически целесообразно, но и отвечает современным требованиям по охране окружающей среды. Найти широкое применение растительным отходам можно и в архитектуре жилых сборных построек.

Например компания WASP, выпускающая строительные принтеры, представила собственный вариант - из почвы и отходов сельского хозяйства [5]. Мы рассмотрим возможность внедрения данной разработки в архитектурную среду Краснодарского края, учитывая особенности местного климата. Данная технология могла бы благоприятно воздействовать на экологию региона и значительно снизить количество сельскохозяйственных отходов, которые не находят применения в промышленности, а также снизить количество строительного мусора при сносе зданий, так как в основе предлагаемого материала лежат биоразлагаемые компоненты.

Авторами [5] была построена экспериментальная конструкция площадью 30 м², получившая название «Гея» в честь древнегреческой богини, поскольку почва здесь – главный связующий компонент. Эта постройка содержит уникальную строительную смесь, состоящую из 30 % глины, 40 % мелкозема, 30 % песка, 40 % рисовой соломы и 25 % рисовой шелухи с добавлением гидравлической извести и была возведена аппаратом 3Э-печати. Стены толщиной 40 см покрыты рисовой шелухой для термоизоляции, что способствует поддержанию комфортной температуры в доме без необходимости отопления.

Кроме того, для естественной вентиляции и установки энергетических коммуникаций в наружных стенах оставлены пустоты. Ориентация конструкции также выбрана для оптимизации микроклимата, с большим окном, направленным на юго-запад. Крыша дома выполнена из дерева и также утеплена рисовой шелухой.

На строительство ушло 100 часов, а затраты на материалы составили всего €900. Эксперты подчеркивают, что дом полностью биоразлагаем, и по мере его

ветшания он будет снова превращён в почву.

Идея использования SD-печати в строительстве не только инновационна, но и очень актуальна в условиях современных экологических вызовов. Одним из самых больших преимуществ технологий, применяемых в проекте «Гея», является возможность значительно снизить количество отходов, создаваемых при строительстве, а также минимизировать использование новых материалов, которые часто имеют высокую углеродную стоимость, то есть для их изготовления требуются большие затраты электроэнергии.

Адаптация под различные климатические условия, а также возможность использования местных материалов делает этот проект очень привлекательным как для городских условий, так и для сельской местности. С учётом изменения климата, когда природные ресурсы становятся всё менее доступными, такой подход может стать основой для новой волны жилищного строительства.

Кроме того, «Гея» также может служить образцом для социального жилья, позволяя местным властям предложить недорогое, но качественное жилье для людей с низкими доходами. Возможность быстрого возведения таких конструкций сделает их незаменимым инструментом в чрезвычайных ситуациях, когда необходимо предоставить кров даже в кратчайшие сроки.

В целом, если проект окажет положительное воздействие на реальные условия жизни людей и будет успешно масштабироваться, это приведёт к более широкой реализации технологий SD-печати в строительстве. Пример компании WASP может вдохновить другие инициативы, направленные на интеграцию новых идей в существующие строительные нормы и правила, что, в свою очередь, приведёт к значительному улучшению жизни людей и дельной заботе о нашей планете.

Именно поэтому было бы целесообразно рассмотреть возможность внедрения подобной технологии и в Краснодарском крае с заменой рисовой шелухи и соломы на доступные в большем количестве аналоги, такие как ячменная и пшеничная шелуха, практически идентичная по свойствам рисовой. Также роль играет и количество сельскохозяйственных отходов в регионе.

По данным Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края в результате уборочной кампании 2024 года валовый сбор риса составил 862 тысячи тонн, и на долю Кубани приходится 70 % всего российского риса [6]. В целом, в 2024 году аграрии Краснодарского края собрали 13,8 млн тонн зерна. Таким образом, вклад Кубани в общий урожай зерновых в стране составил 12 %. Озимой пшеницы намолочено 10 млн 266 тыс тонн зерна. Озимого ячменя – 1 млн 155 тыс тонн зерна [7]. Для злаковых объём зерновых отходов составляет до 75 % массы сырья, из которых примерно 60 % – солома, а 10 % – шелуха (Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания» от 20 декабря 2017 г.) [8, 9].

Таким образом, процент шелухи от произведённых в 2024 году риса, пшеницы и ячменя составляет в теории 1 млн 228,3 тыс тонн, а соломы, которую тоже можно использовать как строительный материал – 7 млн 369,8 тыс тонн, что несомненно является большим количеством материала, который в итоге не

находит широкого применения в строительстве. Например саманный кирпич содержит в себе до 80 % соломы, и большинство производителей самана сегодня изготавливают кирпичи размером 10×4×14 дюймов, каждый из которых весит 30 фунтов (254×1016×3556 мм / 13,6 кг) [10]. Исходя из этого, из одной только соломы в 2024 году можно было бы, в теории, изготовить примерно 541 млн 897 тыс кирпичей. В качестве удобрений эти отходы почти не используются из-за наличия более эффективных средств, а отходы с содержанием зерновой массы зерна не более 2 % с присутствием соломы и вовсе просто сжигаются [8, 9].

Таким образом, материала для постройки аналогичных проекту «Гея» домов предостаточно, даже если учитывать, что часть этих отходов идёт на производство биоадсорбентов, биотоплива, экопластмасс и тд.

Климат Краснодарского края по большей части умеренно-континентальный, а на Черноморском побережье (южнее Туапсе) – субтропический. Средняя годовая температура +10,30 °С, зимняя – 4,10 °С (январь), летняя +21,30 °С (июль) [11, 12].

Таким образом, дополнительное отопление для таких построек в Краснодарском крае не требуется. При этом для использования данной технологии в более северных регионах России, можно применить солнечные батареи, установив их на крышу дома. Это сделает его не только экологичным и сборным, но и обеспечит автономность от традиционных источников энергии.

Заключение

Предложенное решение использования биоразлагаемых сельскохозяйственных отходов, как материала для строительства, может не только значительно улучшить экологическую ситуацию в перспективе, но и сократить вред уже сейчас. Дома из материалов, включающих в себя органические растительные отходы, не только не нанесут вреда экологии после своего разрушения через многие годы, но и станут путём для полезного использования отходов, которые иначе просто сжигались бы. То есть сокращение выброса в атмосферу продуктов горения снизится сразу. Также объём использующегося природного строительного материала не увеличится, ведь предложенные материалы – побочные на производстве сельскохозяйственной продукции. С архитектурной точки зрения, такие дома не только экологичны, но и имеют большой потенциал в отношении экспериментальных форм и конструкций, так как стены из этого материала не обязаны иметь определённой стандартной формы в плане, а также могут быть отдельно функционирующими блоками при использовании солнечных панелей. Эта технология при её внедрении может повлиять благоприятно как и на Краснодарский край, так и в целом на развитие экологичной архитектуры в России.

Список литературы

1. Кашина И.В., Левенко А.Д., Самойлова А.Ю. Проблема экологичности строительных материалов. Анализ жизненного цикла зданий и сооружений. ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет. № 8(60). 2017.
2. Тетиор А.Н. Городская экология. 2008.

3. Содном Будатаров, Н.Нещадинов, С.Завьялов. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления». ИГСУ РАНХиГС, «Регенерация № 235». 2022.
4. Fact Sheet: Methane and Hydrogen Sulfide Gases at C&DD Landfills. Environmental Protection Agency. State of Ohio, U.S.
5. Кьюзоли А. Первый 3D-печатный дом с землёй | Гей, 29.09.2018.
6. Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, «Новости» 25.10.2024.
7. Ольга Янковая Guide Агропром. Приложение № 213 от 19.11.2024, С. 11.
8. Глухих М.А. «Технология хранения и переработки зерна и семян. Учебное пособие для вузов». Издательство ЛАНЬ. 2024.
9. Башкатов А.Я., Минченко Ж.Н., Лазарев В.И. и др. Технология возделывания яровой пшеницы. Учебное пособие для вузов. Издательство ЛАНЬ. 2023.
10. NEW MEXICO GEOLOGY, Vol. 6. George S. Austin, «Adobe as a building material», pp. 69-71. 1984.
11. Главное управление МЧС России по Краснодарскому краю, «Характеристика субъекта».
12. Семенова И.С. География: Широтная зональность. Ч.1: учебное пособие. СПб.: РГГМУ. 2018. 113 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ПЕРЕРАБОТАННОГО СТЕКЛА

Хохлова Л. И., Соколов В. П., Дубовой М. Г.

ФГБОУ ВО ГУЗ «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Россия

Облицовка – это не несущий нагрузку внешний защитный слой, который устанавливается на зданиях для обеспечения теплоизоляции и защиты от атмосферных воздействий. В связи с ростом строительства, повышением требований к эстетике и огнестойкости, а также развитием новых строительных технологий спрос на облицовку значительно вырос за последние десятилетия. Например, облицовка из бетона, камня и кирпича значительно утяжеляет здания, поскольку покрывает большие поверхности. Несмотря на то, что плотность древесины, стали и алюминия относительно ниже, чем у бетона, камня и кирпича, стоимость стали и алюминия непомерно высока, а использование древесины вызывает сомнения в долговечности. Использование пластика в облицовке создаёт проблемы с точки зрения экологии и воспламеняемости. С другой стороны, хрупкость стеклянной облицовки вызывает опасения по поводу её разрушения.

Вышеперечисленные проблемы требуют использования альтернативных материалов для облицовки, оказывающих меньшее воздействие на окружающую среду (например, переработанных отходов). Таким образом, инженерам-материаловедам необходимо найти альтернативные материалы для облицовки с достаточной термостойкостью, которые соответствуют требованиям энергоэффективности при строительстве зданий.

Стекло – один из самых перерабатываемых материалов в мире, так как его можно перерабатывать бесконечно без потери качества или чистоты. Каждый год тысячи тонн стеклянных отходов отправляются на свалку без надлежащей переработки. Кроме того, на мировом рынке ежегодно производится 130 млн т стекла. По оценкам, объёмы переработанного стекла в мире составляют около 27 млн т, что составляет всего 21 % от годового объёма производства стекла.

Повторное использование этих стеклянных отходов принесёт экологическую, экономическую и социальную пользу во многих аспектах. Это компенсирует выбросы парниковых газов, которые возникают в результате потребления и транспортировки сырья для строительных материалов (при переработке стекла).

Предлагается новая технология, позволяющая использовать восстановленные стеклянные отходы для производства строительных компонентов.

Проведена серия лабораторных испытаний композитных образцов, приготовленных с использованием различных составов стеклокомпозита, размеров стеклянных частиц и сроков отверждения, чтобы исследовать поведение нового стеклокомпозитного материала, переработанного из стекла [1].

Измельчённое стекло, используемое в различных сферах строительства доказало свою эффективность с точки зрения экологии, социальных и экономических аспектов. Учитывая неизбежность образования отходов, необходимо найти новые способы применения измельчённого стекла с использованием новых технологий для более экономичных и экологичных методов строительства.

Стеклянные частицы с гранулометрическим составом ~300 мкм были получены путём механического измельчения собранного у обочины стекла. Полученные стеклянные частицы промывались под проточной водой и высушивались в печи при температуре 100 °С в течение 12 часов. Высушенные частицы стекла (95 мас.%) смешивались с изоцианатной/полиольной смолой (5 мас.%) с помощью механического миксера, работающего со скоростью 100 об/мин. Смесь стекла и полиуретана заливалась в стальную форму размером 100 x 180 x 12 мм. Над смесью стекла и полиуретана помещалась стальная пластина, и смесь подвергалась формовке при повышенной температуре (160 °С) и давлении (6,5 МПа) в течение 1 минуты. Полученную стеклополиуретановую композитную облицовку извлекли из формы и оставили для затвердевания при комнатной температуре (23 °С) на 7 дней. Образцы для конусного калориметра (100x100x9 мм толщиной) были вырезаны из основной панели с помощью алмазной пилы. Образцы стеклополиуретановой композитной облицовки, вырезанные алмазной пилой, были высушены и выдержаны при комнатной температуре в течение 24 часов перед конусным калориметрическим и другими физическими и тепловыми испытаниями.

Для оценки огнестойкости стеклополиуретановой композитной облицовки в соответствии со стандартом AS 3837 использовался конусный калориметр. Образцы конусного калориметра были обернуты алюминиевой фольгой и помещены на держатель образцов со стальной рамой, который располагался примерно на 25 мм ниже конусного нагревателя. Горизонтально расположенный образец подвергался воздействию падающего потока лучистого тепла мощностью 50 кВт/м², характерного для пожара средней интенсивности. Данные о скорости выделения тепла (HRR) и потере массы (ML) записывались в зависимости от времени воздействия. Данные о HRR были получены на основе показателей потребления кислорода. Испытание в конусной калориметре было прекращено сразу после того, как горящий образец потух [2].

Отметим, что это исследование способствует пониманию теплового поведения стеклополимерных композитных материалов и их пригодности для облицовки зданий. Сочетание численного моделирования, параметрических исследований и разработка эмпирического уравнения представляют собой ценный инструмент для оценки поведения при горении и повышения пожарной безопасности в строительстве. Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение диапазона параметров для дальнейшего уточнения предложенного уравнения и расширения использования переработанных стеклополимерных композитов в строительных материалах.

Материал, рассматриваемый в данной статье малоизучен, но по физическим и химическим свойствам совпадает с новым композитным

материалом разработанным индийскими и американскими учеными. Его суть заключается в том, чтобы использовать стеклянную пыль в качестве заменителя глины в обожжённых глиняных кирпичах с учётом соответствия требованиям, воздействия на окружающую среду и микроструктурных исследований.

Преобладающим химическим компонентом, обнаруженным как в глинистой почве, так и в WGD (загрязнённая стеклянная пыль), был диоксид кремнезема (SiO_2). Содержание SiO_2 в глине и WGD составило 46,92 % и 52,47 % соответственно. Содержание оксида алюминия (Al_2O_3), обнаруженного в глинистой почве (15,54 %), было выше, чем в WGD (1,27 %). Кроме того, 9,14 % оксида натрия (Na_2O) и 11,10 % оксида кальция (CaO), которые наблюдались в WGD, значительно превышают содержание ZrO (0,33 %) и CaO (0,18 %) в глинистой почве. По сравнению с WGD, в натриево-известковом стекле был обнаружен более высокий состав Na_2O (12-16 %) и SiO_2 (70-75 %), показывая, что меньшее количество WGD может быть включено в качестве замены глины. Химический состав кирпичей WGD уточняется позже в связи с их прочностью и долговечностью.

Усадка имеет решающее значение для определения степени уплотнения и при обжиге выражается как отношение разницы в длине между предварительно высушенным и высушенным после обжига кирпичом. Средняя общая усадка представляет собой сумму средней усадки при первоначальной сушке и средней усадки при обжиге. С другой стороны, коэффициент усадки при обжиге определяется отношением разницы в диаметре и высоте до и после обжига. В идеале общая усадка обожжённых глиняных кирпичей не должна превышать 8 %, чтобы обеспечить качество конечного продукта.

Результаты, представленные, показали, что увеличение содержания WGD значительно снизило начальную усадку при сушке (5 WGD – 31 %, 10 WGD 48 %, 15 WGD – 65 % по сравнению с контролем), но значительно увеличило усадку при обжиге (5 WGD – 38 %, 10 WGD – 43 %, 15 WGD 47 % по сравнению с контролем). Это связано с рядом физико-химических процессов, которые могут происходить в процессе обжига, таких как дегидратация минералов с одинарной связью, перекристаллизация, перенос материала (за счёт диффузии), образование новых минералов и сближение частиц. Кроме того, объемная плотность и усадка при обжиге увеличивались за счет образования более плотных кирпичей из-за того, что WGD в конечном итоге плавился и образовывал жидкую фазу, которая прочно связывалась с частицами глины. Линейная зависимость между усадкой при обжиге и содержанием WGD соответствовала результатам предыдущих исследований. Уменьшение усадки при обжиге при более низких температурах обжига в основном связано с уменьшением жидкой фазы по сравнению с более низкой температурой, принятой в 15 WGD2, что также привело к ослаблению структуры, как это наблюдается при SEM-анализе (сканирующая электронная микроскопия). Общая усадка всех произведенных кирпичей соответствовала идеальной общей усадке обожженного глиняного кирпича (менее 8 %), за исключением 5 кирпичей WGD (на 0,9 % выше 8 %-го предела). Сообщается, что более высокая концентрация диоксида кремния способствует уменьшению усадки при обжиге.

Прочность на сжатие является одним из наиболее важных показателей для обеспечения качества строительных материалов, поскольку она позволяет улучшить другие свойства за счёт более высокой прочности на сжатие. Данные исследования показали, прочность на сжатие увеличивается с добавлением WGD. Прочность на сжатие (77,34 МПа) достигает максимума после добавления 15 % WGD и обжига при температуре 1050 °С. Этот результат можно интерпретировать следующим образом: включение WG (стеклянные отходы) значительно облегчает витрификацию и повышает прочность за счёт заполнения внутренних пор стеклянной фазой. Дальнейшее увеличение WGD более чем на 15 % снизило прочность на сжатие до 60,65 МПа из-за повышенного содержания CaO [3].

Теплопроводность материала определяется как его способность проводить тепло. Из результатов испытаний на теплопроводность видно, что средняя теплопроводность кирпичей WGD составляет 0,91-0,98 Вт/(м·К) при обжиге при температуре 1050 °С. Средняя теплопроводность кирпича с добавлением WGD увеличилась с увеличением содержания WGD; однако средняя теплопроводность контрольного кирпича составила около 0,63 Вт/(м·К), что на 34 % ниже средней теплопроводности кирпича с добавлением WGD. Результаты также показали, что плотность влияет на теплопроводность. Это связано с тем, что увеличение содержания кремния помогает уменьшить пористость, а уменьшение пористости позволяет увеличить плотность и теплопроводность. При уменьшении плотности для 15 кирпичей WGD1 (обжиг при 1000 °С) и 15 кирпичей WGD2 (обжиг при 900 °С) было обнаружено значительное снижение теплопроводности. Наименьшая теплопроводность была достигнута у 15 кирпичей WGD2, обожжённых при самой низкой температуре обжига, 900 °С, с самой низкой средней плотностью, что соответствует литературным данным о кирпичах, изготовленных из осадка WG. Повышение температуры обжига привело к соответствующему увеличению усадки при обжиге, что привело к закрытию или сужению пор. В результате образовался более плотный кирпич, что привело к повышению теплопроводности. Напротив, более низкая температура обжига гарантировала повышение теплопроводности (более низкую теплопроводность) за счет уменьшения усадки при обжиге и образования пор.

Таким образом, результаты показали, что пористость, плотность, содержание WG и температура обжига являются основными факторами, влияющими на тепловые свойства. Кирпичи с низкой теплопроводностью помогают эффективно сохранять и поглощать тепло, благодаря чему в доме/здании будет прохладнее летом и теплее зимой. Это выгодно для жильцов, так как позволяет экономить на потреблении энергии для кондиционирования воздуха. Кроме того, теплопроводность контрольных кирпичей 15 WGD1 и 15 WGD2 соответствует диапазону теплопроводности обожжённых глиняных кирпичей от 0,4 до 0,7 Вт/(м·К).

Авторами предложен новый материал из отходов (стеклянный порошок, загрязнённый отходами) [4], который можно использовать для производства обожжённых глиняных кирпичей [5]. Результаты исследования показывают, что

при использовании загрязнённого отходами стеклянного порошка кирпичи можно обжигать при более низкой температуре (снижение температуры обжига на 5-10 %) и, следовательно, они будут более энергоэффективными, что выгодно не только производителям кирпичей, но и домохозяйствам. Кроме того, кирпичи, в которые добавлен загрязнённый отходами стеклянный порошок, более долговечны, чем стандартные кирпичи, и соответствуют всем требованиям строительных стандартов. В нём также подробно описываются характеристики и эксплуатационные свойства кирпича, изготовленного из переработанных отходов, с использованием современных методов морфологического анализа.

Результаты исследования способствуют более эффективному решению проблемы глобального кризиса, связанного с отходами, который часто приводит к серьёзным социально-экологическим проблемам. Для полного понимания последствий потребления/экономии энергии при производстве кирпича из переработанных отходов необходима дальнейшая работа, поскольку это может иметь значительные последствия для коммерциализации.

Список литературы

1. RMIT Engineers develop building claddings made out of recycled glass // Australian manufacturing. Режим доступа: <https://www.australianmanufacturing.com.au/rmit-engineers-develop-building-claddings-made-out-of-recycled-glass/> (дата обращения: 10.03.2025).
2. Evaluating Fire Performance of Glass-Polyurethane Composite for Sustainable Cladding via Numerical and Empirical Simulation // MDPI Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/17/3635> (дата обращения: 10.03.2025).
3. Glass Technology: European Journal of Glass Science & Technology Part A. Apr2024, Vol. 65 Issue 2, pp. 44-44.
4. Building cladding with recycled glass scores sky-high results in sustainability // RMIT university Режим доступа: <https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2023/mar/circular-economy-cladding> (дата обращения: 11.03.2025).
5. Dilan Robert, Edwin Baez, Sujeeva Setunge. A new technology of transforming recycled glass waste to construction components // Construction and Building Materials. 2021. № 313. p. 20.

ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВОГО ФОСФАТА В ПРИСУТСТВИИ РЕТУРНОГО ПРОДУКТА

Хошимов И. Е., Турдиалиева Ш. И., Намазов Ш. С., Сейтназаров А. Р., Раджабов Р.
Институт общей и неорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

Для питания животных чрезвычайно ценятся минеральные вещества. Они вступают во всех процессах обмена веществ, происходящих в организме. Они необходимы для построения костяка, обмена белков, углеводов, жиров. Водный режим и гормональное функционирование организма невозможны без активного участия минеральных элементов. Из макроэлементов наибольшее значение имеют кальций, фосфор, калий, магний, сера, натрий [1].

Потребность в фосфоре определяется его физиологическим состоянием, продуктивностью, назначением, весом. Для свиней с живым весом 80 кг и более надобность в фосфоре составляет 3,5 г, при живом весе 40 кг – 5 г, курам-несушкам – 7 г; овцам требуется 2,6-6,8 г на килограмм сухого вещества рациона [2]. Признаки недостатка фосфора в организме животного могут наблюдаться и при высоком содержании в рационе кальция. Поэтому при составлении кормовых рационов следует учитывать соотношение Р:Са, которое в среднем равно 1,5:2,0 соответственно, а в крови коров содержание фосфора в норме – 1,45-2,0 ммоль/л, а кальция – 2,5-3 ммоль/л.

Ежедневное использование питательных фосфатов в рационе животных способствует нормализацию минерального обмена, сокращению периода ожирения, получению здорового потомства (снижает заболеваемость), содержанию молодняка и профилактике рахита, повышению питательной ценности мяса и повышению прибыльности фермы [3].

Кормовой монокальцийфосфат (МКФ) является универсальной добавкой для сельскохозяйственных животных, которая содержит фосфор и кальций. В настоящее время мировое потребление кормовых фосфатов вырабатываемых из минерального сырья составляет около шести миллионов тонн в год и продолжает увеличиваться на 6 % ежегодно [4]. Рост потребления кормовых фосфатов из минерального сырья обусловлен отказом от применения более дешевых кормовых фосфатов, изготовленных из костной муки [5].

По требованию ГОСТ 23999-80 в кормовой МКФ массовая доля фосфора (P_2O_5), растворимого в 0,4 %-ном растворе соляной кислоты – 55-56 % для 1-го сорта и 50-51 % для 2-го сорта, фтора – не более 0,2 %, массовая доля золы, нерастворимой в HCl не более 10 %, показатель активности водородных ионов, ед. pH, не менее 3, остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм не более 80 %. Для МКФ, предназначенного для комбикормовой промышленности, остаток на сите с отверстиями 3 мм не должен превышать 10 %.

Для получения гранулированного МКФ нами изучен процесс нейтрализации на основе очищенной и упаренной ЭФК известняковой мукой (99,5 % $CaCO_3$) в присутствии ретурного продукта (мелкая фракция с размером менее 1 мм). При этом исходная ЭФК имела в своем составе 18,95 % P_2O_5 , 0,45 %

F; 0,27 % CaO; 0,26 % MgO; 0,41 % Fe₂O₃; 0,56 % Al₂O₃; 2,96 % SO₃. Для её очистки: обессульфачивания применяли карбонат стронция марки “хч” (не менее 98 % SrCO₃), а для обесфторивания – карбонат натрия (не менее 98 % Na₂CO₃). Упаривание очищенной ЭФК до 46,01 % P₂O₅ проводили под вакуумом при разряжении 0,65 мм рт. ст.

Химический состав образцов очищенной и упаренной ЭФК приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Состав образцов очищенной и упаренной экстракционной фосфорной кислоты

Концентрация P ₂ O ₅ , %	Содержание компонентов, вес. %					
	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	F
46,01	0,03	0,39	0,79	1,04	0,09	0,19
50,55	0,03	0,33	0,91	1,37	0,11	0,18
55,65	0,004	0,52	1,27	1,32	0,14	0,20
59,41	0,026	0,41	0,38	0,14	0,17	0,18

Разложение известняковой муки проводили при нормах 90-100 % от стехиометрии. Сначала приготовлена фракция ретурного продукта с размерами гранул менее 1 мм для различных концентраций упаренной кислоты. Использование ретура обеспечивает благоприятные условия для разложения известняка с кислотой, размешивания и окатывания реакционной массы с выходом гранул товарного продукта (1-4 мм) не менее 70 %. Полученные гранулы этим методом имеют повышенную прочность. Все это делает производство наиболее рентабельным.

В лабораторных условиях в фарфоровый стакан загружали необходимое количество известняковой муки находящейся в термостате при 80 °С. Образцы ЭФК разогревали при 80 °С и постепенно смешивали с известняковой мукой. В зависимости от концентрации ЭФК процесс перемешивания реакционной массы длился 30 мин для 46,01 % P₂O₅. Чем ниже концентрация фосфорной кислоты, тем больше времени потребовалась для получения разрыхлённой массы, легко подающейся грануляции и сушки. Затем влажный продукт высушивали при 100 °С до постоянной массы и измельчали до порошка. Химический анализ ретурных продуктов проводили на содержание различных форм P₂O₅ и CaO по известным методикам [6]. Усвояемые формы P₂O₅ и CaO определяли по растворимости в 0,4 % растворе HCl. pH среды 10 %-ных растворов продукта измеряли на приборе METTLER TOLEDO FE20/EL20 по методике [7]. Состав ретурных продуктов приведены в табл. 2.

Далее получены образцы гранулированного МКФ путем разложения смеси из CaCO₃ и ретура при различных соотношениях. Продукт: Ретур с ЭФК (при 80 °С). В опытах количество используемого ретура варьировали от 30 до 70% по отношению к общей массе готового продукта.

Таблица 2 – С остав образцов ретурного продукта монокальцийфосфата в зависимости от нормы и концентрации упаренной экстракционной фосфорной кислоты

Норма H ₃ PO ₄ , %	рН 10%-го раствора продукта	Влаж- ность про- дукта, %	Содержание компонентов, вес. %								
			P ₂ O ₅ усв. по 0,4% HCl	P ₂ O ₅ вод.	CaO общ.	CaO усв. по 0,4% HCl	CaO водн.	Fe ₂ O ₃ общ.	Al ₂ O ₃ общ.	SO ₃ общ.	F
Концентрация упаренной ЭФК – 46,01 % P ₂ O ₅											
100	2,87	4,55	51,65	43,49	20,48	20,18	16,83	0,86	1,14	0,09	0,21
95	2,98	4,18	51,57	40,64	21,47	21,12	16,26	0,87	1,14	0,09	0,19
90	3,01	3,92	50,49	38,24	22,17	21,89	15,89	0,86	1,11	0,09	0,19
Концентрация упаренной ЭФК – 50,55 % P ₂ O ₅											
100	2,92	3,14	51,29	42,95	21,12	20,74	16,52	0,96	1,40	0,11	0,19
95	3,08	2,27	51,26	38,53	21,73	21,35	15,48	0,93	1,45	0,11	0,18
90	3,14	2,67	49,44	36,39	22,16	21,79	15,32	0,92	1,39	0,11	0,16
Концентрация упаренной ЭФК – 55,65 % P ₂ O ₅											
100	3,28	4,77	50,66	44,00	19,91	19,56	17,99	1,14	1,19	0,13	0,18
95	3,33	4,81	48,96	42,68	20,25	19,89	17,69	1,10	1,16	0,12	0,17
90	3,37	4,59	47,89	42,02	20,99	20,66	17,09	1,08	1,13	0,12	0,15
Концентрация упаренной ЭФК – 59,41 % P ₂ O ₅											
100	3,21	4,19	49,40	44,19	20,11	19,77	18,05	0,31	0,12	0,14	0,14
95	3,29	4,09	48,71	43,09	20,34	19,92	17,50	0,30	0,11	0,14	0,14
90	3,40	3,82	47,62	40,48	21,11	20,75	16,76	0,28	0,10	0,15	0,13

Процесс перемешивания реакционной массы длился 60 мин с применением 46.01 % P₂O₅, Затем грануляцию влажной разрыхленной реакционной массы осуществляли методом интенсивного размешивания и окатывания. Полученные гранулы МКФ сушили в сушильном шкафу при температуре 75–80°C в течение 4–6 часов. В результате получены гранулы округлой формы.

В табл. 3 приведен состав продуктов для каждой концентрации, нормы упаренной ЭФК и массовой соотношении Продукт: Ретур. В продуктах степень образования Ca(H₂PO₄)₂ рассчитывали по формуле:

$$\frac{CaO_{\text{водн.}} : P_{2}O_{5\text{водн.}}}{0.39944} \cdot 100 \%$$

где, CaO_{водн.} в готовом продукте, %; P₂O_{5водн.} в готовом продукте, %; 0,3944 –

CaO: P₂O₅ в монокальцийфосфате.

Следовательно содержание водорастворимой формы P₂O₅ имеют значения от 39,44 до 37,58 % соответственно для концентрации ЭФК – 46,01 % P₂O₅ и кратности ретура 1:0,3; 1:0,5 и 1:0,7. Полученные в лабораторных условиях монокальцийфосфат с приведёнными концентрациями усвояемой и водной форм P₂O₅ считается качественным и эффективным продуктом и может быть использовано в качестве фосфатной добавки в питательном рационе корма крупного рогатого скота, птиц и рыб.

Таблица 3 – Состав гранулированного монокальцийфосфата в зависимости от нормы упаренной экстракционной фосфорной кислоты и массового соотношения Продукт: Ретур (концентрация H₃PO₄ – 46,01 % P₂O₅)

Норма H ₃ PO ₄ %	рН 10%-го раствора продукта	Влаж- ность продук та, %	Содержание компонентов, вес. %								Степень образо- вания Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , %
			P ₂ O ₅ усв по 0,4% HCl	P ₂ O ₅ водн.	CaO общ.	CaO усв по 0,4 % HCl	CaO водн.	Fe ₂ O ₃ общ	Al ₂ O ₃ общ	F	
При кратности ретура 1:0,3											
100	2,88	3,83	50,51	41,88	20,44	20,11	16,29	0,82	1,06	0,12	98,62
95	2,96	2,36	49,50	41,39	21,02	20,98	15,93	0,81	1,06	0,11	97,59
90	3,04	2,95	48,47	39,44	22,08	21,62	14,88	0,81	1,06	0,11	95,66
При кратности ретура 1:0,5											
100	2,91	3,51	49,85	41,28	20,36	20,07	15,97	0,81	1,05	0,11	98,09
95	3,03	3,26	48,86	41,03	20,86	20,69	15,62	0,80	1,05	0,10	96,52
90	3,14	2,96	47,84	39,09	21,75	21,51	14,65	0,80	1,05	0,10	95,02
При кратности ретура 1:0,7											
100	2,89	3,85	49,39	41,09	20,12	19,94	15,86	0,80	1,05	0,10	97,87
95	3,06	3,11	48,41	39,78	20,69	20,57	15,46	0,80	1,04	0,09	98,54
90	3,15	2,72	46,43	37,58	21,62	21,36	14,53	0,79	1,04	0,09	98,03

Продукты содержат значительного количества усвояемой и водорастворимой форм CaO. Данный компонент крайне необходим для формирования костной ткани любого вида живого организма.

Так, при изученных её нормах и количествах подаваемого ретура с использованием концентрации ЭФК – 46,01 % P₂O₅ получаемые кормовые продукты имеют 19,94–21,62 % CaO_{усв.} и 14,53–16,29 % CaO_{водн.}

Ранее в работе [8] нами изучен процесс получения гранулированного монокальцийфосфата путем разложения известняковой муки термической фосфорной кислотой в присутствии ретурного продукта. При этом

оптимальными условиями явились: концентрация H_3PO_4 – 50 % P_2O_5 , норма H_3PO_4 – 95 %, время разложения – 5 мин., а кратность ретурна 1:0.5. При этом получен продукт состава (вес. %): $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$ – 53,42; $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}}$ – 52,45; $\text{CaO}_{\text{усв.}}$ – 21,85; $\text{CaO}_{\text{водн.}}$ – 20,67; pH – 2,93 с прочностью гранул 2,70 МПа.

Таким образом, показана возможность получения кормового фосфата в виде гранулированного МКФ на основе разложения известняковой муки очищенной и упаренной ЭФК в присутствии ретурного продукта.

Список литературы

1. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К. и др. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. М.: ООО «Угрешская типография», 2019. 272 с.
2. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов, и др. М.: 2003. 456 с.
3. John J., McKetta Jr. Dimensional Analysis to Drying of Fluids with Adsorbants // Encyclopedia of chemical processing and design: 29 July 2021, Vol. 16. 456 p.
4. Литусова Н.М. Технология получения кормовых фосфатов кальция в гранулированном виде на основе мела и экстракционной фосфорной кислоты: Дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2004. 136 с.
5. Дегтярёв В. Эффективность монокальцийфосфата при кормлении животных. // Молочное и мясное скотоводство. 2003. № 2. С. 7-10.
6. Винник М.М., Ербанова Л.Н., Зайцев П.М. и др. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. М.: Химия, 1975. 218 с.
7. ГОСТ 24596.5-81. Фосфаты кормовые. Метод определения pH раствора или суспензии. М.: ИПК Издательство стандартов. 2004. 2 с.
8. Хошимов И.Е., Турдалиева Ш.И., Намазов Ш.С. и др. Технология получения гранулированного кормового монокальцийфосфата на основе термической фосфорной кислоты и известняковой муки. // Химическая промышленность. Санкт-Петербург. 2023. т. 100. № 1. С. 33-47.

Раздел 4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ МОЛОДЕЖИ

РОССИЙСКИЕ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ОБЪЕДИНЕНИЯ КАК ФАКТОР РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Михайлова А. В.

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
Удмуртская Республика, г. Ижевск, Россия

Актуальность

Согласно концепции о целях устойчивого развития хорошее здоровье и благополучие населения (цель номер три), качественное образование (номер четыре) и несколько целей, связанных с мировыми экосистемами (11 – 15) из-за сложившейся экологической ситуации на планете подводят общество к сознательности, прагматичности и личному вкладу каждого в недопущение экологических катастроф разного масштаба [5].

В России в соответствии с Планом Правительства РФ по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года определены национальные цели, которые так же предполагается достичь, в том числе и путем работы с ответственностью и экологическим сознанием населения [4].

Соблюдение вышеперечисленных нормативно-правовых актов безусловно является неотъемлемой частью работы регионов. В Удмуртской Республике реализуется «Стратегия социально-экономического развития Удмуртской Республики до 2030 года», которая содержит в себе информацию об основных экологических направлениях развития [9].

Необходимость решать вопрос экологического благополучия и качественного состояния окружающей среды через экологические программы промышленных предприятий, инфраструктуру раздельного сбора и сортировки отходов, проведение научных экологических исследований – это меры, которые по содержанию своему охватывают направление природоохранных мер по большей части экологических структур государства, и в меньшей степени именно в сфере образования и воспитания.

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом последнего поколения (ФГОС) программа формирования экологической культуры, здорового и безопасного образа жизни включена на всех уровнях общего образования [1]. Мы будем рассматривать представленное направление в рамках дополнительного образования общеобразовательных учреждений Удмуртии через взаимодействие с федеральными эколого-просветительскими и образовательными общественными организациями.

Отметим, что «экология» как отдельный предмет учебного плана была исключена из перечня обязательных учебных предметов, а разные направления

экологии как науки включены в образовательные программы отдельных предметов и изучаются согласно тематическому планированию таковых. Изучение экологической информации здесь представлено не в соответствии с региональным компонентом, а общей информацией о разных направлениях экологической повестки страны. Экологические аспекты региона являются более узким направлением для изучения и требуют предоставления актуальной информации педагогам, ведущим предметы, содержащие в себе экологический компонент.

При этом важной частью экологической повестки является развитие экологического волонтерства и популяризации участия в деятельности эколого-просветительских организаций.

Если мы говорим о современных эколого-просветительских добровольческих объединениях и организациях на федеральном уровне, то начало этого направления именно в нашей стране связано с объявлением Президентом РФ в 2018 году «Года добровольца (волонтера)» и созданием Всероссийской общественной организации волонтеров – экологов «Делай!» (ВОО «Делай!»). Цель «Делай!» состояла в том, чтобы определить и объединить по всей стране лидеров общественного мнения добровольческой деятельности в сфере экологии (сюда относятся и деятельность, связанная с популяризацией экологической культуры и осознанности, информирование населения о рациональном использовании и бережном отношении к природным ресурсам, раздельном сборе отходов и т.д.) через разноформатные мероприятия на федеральном и региональном уровнях. Всероссийская общественная организация волонтеров-экологов «Делай!» – одна из крупнейших организаций страны, объединяющая волонтеров-экологов во всех регионах России и помогающая системно развивать практики волонтерства в области охраны окружающей среды. Миссия организации – возрождение и распространение идей экологического патриотизма и ответственного отношения к родной природе. К 2020 году организация состояла из более 40 регионов страны. Важной частью качественного масштабирования всероссийского эковолонтерского движения стало подписание соглашения между Всероссийской общественной организацией волонтеров-экологов «Делай!», Ассоциацией волонтерских центров и АНО «Экспоцентр Заповедники России».

В 2021 году среди всероссийских форумов Федерального агентства по делам молодежи появился первый экологический форум «Экосистема», проходивший в Вологодской области, собравший молодежь 18-35 лет, объединенных экологическими проектами и инициативами. Эколого-просветительские форматы и планы волонтеров-экологов «Делай!» были поддержаны на самом высоком уровне. В 2022 году форум прошел на Камчатке, где лучшими представителями молодежи со всей страны было предложено нашему Президенту объединение всех эколого-образовательных, эколого-просветительских и природоохранных организаций России и создание Всероссийского экологического движения «Экосистема».

Во всех этих событиях Удмуртская Республика принимала активное участие, имея и на сегодняшний день региональные отделения ВОО «Делай!» и

«ВЭД «Экосистема».

При обозначении актуальности темы развития волонтерского движения в социальном аспекте, важно отметить, что волонтерство является не только одним из показателей социальной активности гражданского общества в истории его развития, а так же одним из важных человеческих нематериальных ресурсов (общественным человеческим капиталом).

Говоря о развитии эколого-добровольческого движения России нельзя не отметить важный вклад педагогического сообщества. Большая часть эколого-просветительских мероприятий проходит именно в части дополнительного образования детей и молодежи в школах, центрах дополнительного образования, ссузах, вузах. Педагогические компетенции и знание методик являются неотъемлемой частью проведения таких мероприятий.

Рассмотрим эколого-просветительскую и добровольческую деятельность педагогического сообщества на примере Удмуртской Республики и города Ижевска. В нашем регионе отделение ВОО «Делай!» и ВЭД «Экосистема» появились с самого начала их основания и базировались в средней школе №77 г. Ижевска под председательством Михайловой Анны Вячеславовны. С 2019 года ведется активная эколого-волонтерская деятельность с привлечением грантовых средств, обучением педагогов и созданием регионального экологического центра (Экоцентр УР). Из школьной экоплощадки с помощью грантовой поддержки Федерального агентства по делам молодежи (Росмолодежь) нам удалось расширить эколого-просветительские рамки и реализовать обучение на уровне региона. Так в 2022 году появился проект «Элькунысь эшъёс» (Экодрузья Республики), где помимо продукта – программы по экологическому практикуму – нам удалось провести полноценное однодневное обучение (интенсив): социальное экологическое проектирование, реформа в области обращения с отходами, общественные объединения, создание волонтерских экоотрядов. Каждому району-участнику были выданы методические материалы: эконаборы по переработке пластика и настольные игры об отходах. Всего было обучено 105 участников: педагогов и волонтеров из 25 муниципальных образований УР, привлечено более 2000 участников, проведено более 100 мероприятий, до сих пор ведется сопровождение отрядов экопросветителей.

Данная работа непрерывно сопровождается поддержкой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды УР и другими ведомствами и организациями.

Участие педагогов – волонтеров в экологической деятельности открыло перспективы и возможности самореализации, обмена опытом на федеральном уровне (форумы, конкурсы, акции) и вывело Удмуртию в топ-5 регионов федерального рейтинга «Экосистемы».

Развитие системы экологического просвещения и общественной экологической деятельности в Удмуртии, а также в целом по стране, осуществляется через деятельность общественных экологических организаций и развитие экологического добровольчества. Эти меры напрямую способствуют достижению целей устойчивого развития, закреплённых в национальных нормативных актах и региональных программах.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения 02.04.2024).
2. Портал «Президент России» [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/69791> (дата обращения 06.05.2025).
3. О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве) [Электронный ресурс]: федеральный закон от 11.08.1995 №135-ФЗ. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (дата обращения 06.05.2025).
4. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (дата обращения 30.07.2025).
5. Цели в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения 23.06.2025).
6. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (дата обращения 23.06.2025).
7. Об утверждении Правил осуществления просветительской деятельности [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 01.07.2022 № 1195. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (дата обращения 23.06.2025).
8. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 29.12.2012 г. №273-ФЗ. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (дата обращения 23.06.2025).
9. «Стратегия социально-экономического развития Удмуртской Республики до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: <http://2030.udmurt.ru/> (дата обращения 06.05.2025).

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ У СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА

Недору́б Е. Ю.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В.Парахина»,
г. Орел, Россия

Первое-второе десятилетие XXI века ознаменовало обострение глобальных экологических проблем и, как следствие, увеличением числа масштабов природных и техногенных катастроф антропогенного характера. Важным аспектом решения этих проблем является необходимость изменения экологической культуры подрастающего поколения [1].

Согласно концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ, многие ключевые моменты данной стратегии связаны с решением экологических окружающей среды и обеспечением экологической безопасности. Важным аспектом решения сложившихся проблем является изменение отношения людей к безопасности окружающей среды, сознания и культуры, социального поведения, в частности подрастающего поколения.

Динамичное повышение уровня экологической культуры населения возможно только через непрерывную систему образования и воспитания, информационного обеспечения и просвещения на всех этапах, начиная с дошкольного и заканчивая старшим поколением. Промежуточное звено, но немаловажное, занимает система экологической и природоохранной работы в высших учебных заведениях [2].

Система экологического образования и воспитания успешно функционирует и развивается в аграрных вузах страны. В рамках данной системы осуществляется научно-исследовательская деятельность студентов, практическая природоохранная работа с растениями и животными, практическая деятельность на учебно-опытных участках и другие. Разработанная система характеризуется психологическими установками на экологическое мировоззрение, понимание единства человека и природы. Она порождает такую систему отношений, которая пронизана чувством глубокой ответственности за окружающую среду перед будущими поколениями и отражает гармоничное сочетание личных и общественных интересов [3].

В связи с реалиями сегодняшнего дня, коренным образом изменился подход к образовательному процессу, получила широкое распространение новая форма дистанционного обучения. Дистанционное обучение предполагает тщательный пересмотр подхода к системе обучения и максимально возможное использование доступных телекоммуникационных, информационных и педагогических технологий. В настоящее время данный формат обучения в различных источниках информации рассматривается как инновационная форма обучения, но при переходе к дистанционному обучению важно сохранять целостность и качество образовательного процесса, в том числе и последовательное и целенаправленное формирование экологического сознания

у студентов. Для качественной организации образовательного процесса с применением дистанционных образовательных технологий важно основываться на эклектике синхронных и асинхронных форм обучения, обеспечивать оперативную и эффективную обратную связь между учеником и учителем, достигая запланированных результатов обучения [1, 7].

Развитие экологического образования актуализировало проблему разработки содержания, форм и методов, способствующих внедрению идей современной экологии на всех уровнях школьного образования. Для сохранения жизни на планете необходима личная заинтересованность каждого человека в решении проблем окружающей среды. В настоящее время предпринимаются попытки экологизации образования, однако наличие экологического кризиса указывает на то, что данная проблема решена не до конца. В связи с этим возрастает актуальность использования метапредметного подхода в экологическом образовании студентов [4-5, 6].

Таким образом, система экологического образования и воспитания для целевой аудитории «школа-ВУЗ-население» обеспечивает направленность процесса обучения на новые образовательные стандарты и включает в себя вопросы формирования экологического мировоззрения при поддержке государственных, федеральных и региональных программ.

Список литературы

1. Недоруб Е.Ю., Максимова В.А. К вопросу о психологических аспектах сопротивления инновациям и методах их нейтрализации // Сборник статей VII Международной научно-практ. конф. «Современные технологии в российской и зарубежных системах образования». 2018. С. 58-63.
2. Недоруб Е.Ю., Демьянков Е.Н., Павлов А.А. Научные исследования школьников и их роль в экологическом образовании и воспитании // Материалы VIII Всероссийской научно-практ. конф. с международным участием, посв. 110-летию со дня рождения к.г.н., доцента, зав. каф. геологии и географии, декана факультета естествознания Куйбышевского пединститута Т.А.Александровой «Экологогеографические проблемы регионов России». 2017. С.371-373.
3. Недоруб Е.Ю., Демьянков Е.Н., Павлов А.А. Биоэкологическое краеведение в условиях общеобразовательной школы Орловской области // Педагогическое образование и наука. 2017. № 5. С. 68-71.
4. Недоруб Е.Ю. Возможности изучения основ биотехнологии во внеурочной деятельности по биологии в общеобразовательной школе // Актуальные проблемы естествознания и естественно-научного образования: Материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практ. конф. 2018. С. 75-80.
5. Недоруб Е.Ю., Ермакова Н.Л. Современный взгляд на формирование устойчивого научного знания // Успехи современной науки. 2016. № 11 (9). С. 111-113.
6. Павлов А.А. Охранять природу – охранять Родину. Система экологической и природоохранной работы в школе: учебно-метод. пособие. Орел: Региональный экологический центр, ПФ «Картуш». 2010. 296 с.
7. Халиков А.А., Мусамедова К.А. Анализ методов дистанционного обучения и его внедрения в образовательных учреждениях // Научно-практический журнал «Вестник научных конференций». 2017. № 3-6(19). С. 171-173.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Недюрмагомедов Г. Г.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный педагогический университет»,
г. Махачкала, Дагестан, Россия

Введение. В XXI веке загрязнение окружающей среды на планете принимает глобальный характер, что привело к развитию «глобального экологического кризиса», поэтому проблемы взаимоотношений человека с окружающей природной средой поставили вопрос об экологическом воспитании личности и общества, в том числе и школьников, так как в этом возрасте закладывается мировоззрение, отношение к окружающему миру.

Вопрос уже давно (еще во второй половине XX века) перерос из «педагогической проблемы» в «глобальную политическую проблему», от решения которой зависит выживание человечества. Важную роль в экологическом воспитании принадлежит системе школьного образования. Школьников важно научить экологически грамотному поведению в природе, воспитать заботливое отношение к окружающей природной среде, т.е. экологическое воспитание должно быть направлено не только на формирование системы экологических знаний, ценностей, чувства долга и ответственности, но и на формирование основ «экологической культуры» (Захлебный А.Н., Недюрмагомедов Г.Г. и др.) [1; 2]. Школьный возраст содержит огромный потенциал для развития личности, а внеурочная деятельность, на основе экологически ориентированной деятельности, предоставляет разнообразные возможности, для повышения эффективности экологического воспитания.

В теории и практике экологического образования, проблемы экологического воспитания школьников изучали ряд отечественных (Алексеев С.В., Глазачев С.Н., Захлебный А.Н., Недюрмагомедов Г.Г., Несговорова Н.П., Семчук Н.М., Суравегина И.Т., Тюмасева З.И., Цветкова И.В. и др.) [3; 4; 5] и зарубежных (У. Бронфенбреннер, Тодорина Д.Л., Янакиева Е.К. и др.) [6] ученых, однако актуальные проблемы экологического воспитания учащихся основной школы во внеурочной деятельности (в том числе и формирование основ экологической культуры) не решены на уровне разработок эффективных педагогических технологий и методик.

Экологическое воспитание во внеурочной деятельности должно быть ориентировано как на теоретическую, так и на практическую природоохранную и экологическую деятельность по защите окружающей природной среды. Результативность экологического воспитания современных школьников во внеурочной деятельности сдерживается *противоречиями*, между:

- потенциалом внеурочной деятельности по экологическому воспитанию и доминированием традиционной и малоэффективной методики его реализации;
- потребностью общества в экологическом воспитании в соответствии с требованиями новых школьных образовательных стандартов и недостаточной

разработанностью эффективных современных образовательных технологий и методик формирования основ «экологической культуры» во внеурочной деятельности;

– между необходимостью реализации программы экологического воспитания во внеурочной деятельности, и отсутствием апробированных разработок практических моделей внеурочной экологической деятельности, адаптированных к младшему, подростковому и старшему школьным возрастам на основе организации процесса формирования их экологической культуры.

Наличие выше перечисленных противоречий обуславливает *проблем исследования*, которая заключается в теоретико-методологическом обосновании модели развития экологической культуры школьников в условиях внеурочной деятельности и поиске эффективных педагогических условий и методов обеспечения данного процесса.

Основная часть. В «Методических рекомендациях по организации внеурочной деятельности по ФГОС НОО и ООО 2021 года» (письмо от 05.07.2022 № ТВ-1290/03), предлагается на уровне ООО – выделять на внеурочную деятельность, до 1750 часов за пять лет обучения. Внеурочная деятельность включается в вариативную часть БУПа школы и на нее отводится 10 часов в неделю.

Часы внеурочной деятельности выделяются на занятия школьников в рамках циклов специально организованных внеурочных занятий, посвященных актуальным (в том числе – экологическим) проблемам современного мира; на занятия школьников по углубленному изучению отдельных учебных предметов и т.д. Цель и задачи внеурочной деятельности, должны носить – воспитательный характер, и направлены на развитие личности. В педагогике до сих пор нет общепринятого понятия «внеурочная деятельность» (внеклассная), это:

– механизм решения частных проблем обучения и воспитания, которые недостаточно освещались в урочной деятельности, в частности посредством потенциала внеурочной деятельности решались проблемы углубленного изучения предмета либо осуществления специфических видов воспитания (Сонин Д.М.);

– это целенаправленная, образовательно-воспитательная деятельность, которая осуществляется в формах, отличных от классно-урочных, и направлена на разностороннее раскрытие индивидуальных способностей обучающихся, развитие интереса к различным видам деятельности (Сластёнин В.А. и др.);

– обязательный компонент образовательного процесса в общеобразовательной организации, организация разных видов деятельности, объединяющий все виды деятельности школьников осуществляемой во внеклассной форме (кроме учебной), с учётом индивидуальных особенностей и потребностей учащихся в которых возможно решение задач их воспитания и социализации (Коджаспирова Г.М.) [7].

«Экология» как отдельный предмет не относится к обязательным, он исключён из федеральной части учебных планов (это произошло на фоне ослабления внимания к экологическим проблемам), однако за счет внеурочной деятельности (экологического содержания, которую относят к

общекультурному направлению, и которое может быть представлено в предметно-деятельностной форме) можно решить многие воспитательные задачи [8].

Внеурочной деятельностью экологического содержания занимались многие ученые (Виноградова Н.Ф., Смирнова О.М. и др.) [9]. Экологическое воспитание учащихся основной школы во внеурочной деятельности будет эффективным, если: будет спроектирована и практически реализована «модель экологического воспитания учащихся основной школы во внеурочной деятельности» (включающая соответствующие структурные компоненты, раскрывающие внутреннюю организацию процесса экологического воспитания, обеспечивающие взаимодействие между элементами по формированию основ «экологической культуры»), и обоснованы и реализованы важнейшие объективные и субъективные организационно-педагогические условия продуктивной реализации изучаемого процесса.

«Модель экологического воспитания учащихся основной школы во внеурочной деятельности» предложена с учетом специфики этой деятельности (являющейся частью образования) и включает структурные компоненты (целевой, предметно-дидактический, содержательный, процессуально-деятельностный и оценочно-результативный) реализующая цели воспитания в одном потоке образовательного процесса. Структурные компоненты модели включают в себя:

- целевой компонент вытекает из социального заказа общества, государства и международных организаций, направлен - на осуществление экологического образования и воспитания, что отражено в ФГОС ООО, формирование нормативного уровня экологической культуры учащихся, и находится в зависимости от условий, ориентированных на развитие природоохранной и экологической деятельности;

- предметно-дидактический – включает экологические курсы («Экология растений» в 5-м, «Экология животных» в 6-м, «Экология человека» в 7-м и «Экология Дагестана» в 9-м классах), реализуемые за счет часов внеурочной деятельности и экологизацию содержания различных видов внеурочной деятельности;

- содержательный компонент определяется содержанием учебных программ по внеурочной деятельности и включает познавательные (усвоение системы базовых экологических знаний, позволяющих овладеть и конкретными природоохранными и экологическими знаниями и познавательными умениями), когнитивно-операционные (обобщение содержания экологических знаний об отдельных явлениях природы, выполнение экологических исследований, усвоение законов взаимоотношений с «природой» и развитие экологического сознания), мотивационно-деятельностные (усвоение экологических ценностей, мотивов, убеждений и взглядов, что определяет отношение личности к природе; практическая природоохранная и эколого-ориентированная деятельность) и методические направления (усвоение системы педагогических умений и компетенций – позволяющих осуществлять экологическое воспитание во внеурочной деятельности);

– процессуально-деятельностный компонент объединяет методики, формы, методы и педагогические технологии, посредством которых осуществляется экологическое воспитание, с учетом возрастных и индивидуальных особенностей учащихся; организационную функцию в экологическом воспитании;

– оценочно-результативный компонент – совокупность диагностических средств оценки уровней эффективности экологического воспитания (низкий, средний, высокий), математических и статистических методов оценки достоверности результатов и методических подходов к интерпретации полученных данных; служит для определения эффективности модели и выявленных организационно-педагогических условий.

Многолетний опыт работы в общеобразовательной школе показывает, что эффективное экологическое воспитание школьников во внеурочной деятельности обеспечивается реализацией «модели...» и комплекса организационно-педагогических условий, к которым можно отнести:

– целенаправленное формирование на занятиях по внеурочной деятельности (курсов «экологии») системы современных экологических знаний, практических умений и навыков;

– экологизацию содержания различных видов внеурочной деятельности;

– педагогически организованное, систематическое общение учащихся с природой;

– усиление эмоционально-эстетического и ценностно-смыслового компонентов в процессе внеурочной деятельности;

– учет психологических и возрастных особенностей школьников в экологическом воспитании во внеурочной деятельности;

– компетентность учителей в формировании теоретических и практических экологических умений и навыков, и организации природоохранной и эколого-ориентированной деятельности во внеурочной деятельности.

Заключение. Таким образом, эффективность экологического воспитания во внеурочной деятельности в современной школе, направленной на формирование экологической культуры, зависит от предложенной «Модели экологического воспитания учащихся основной школы во внеурочной деятельности» и указанных педагогических условий, которые были апробированы в течении нескольких лет работы автора в пятых – девярых классах общеобразовательной школы.

Формирование экологической культуры будущих граждан, будет способствовать ценностному отношению к природе, ответственности перед будущими поколениями за сохранение природы.

Список литературы

1. Захлебный А.Н., Дзятковская Е.Н. Результаты и перспективы совершенствования образования в интересах устойчивого развития в системе общего образования. // Экологическое образование: до школы, в школе, вне школы. 2016. № 1. С.14-16.

2. Недюрмагомедов Г.Г., Джаруллаев Д.Г. Формирование экологической культуры школьников в процессе изучения региональной экологии // MULTIDISCIPLINARY JOURNAL

OF SCIENCE, EDUCATION AND ART. 2023. С. 212-220.

3. Кашлев С.С., Глазачев С.Н. Атрибутивные характеристики экологического образования // Добродеевские чтения - 2018: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 18-19 октября 2018 года / Отв. ред. Ю.М.Гришаева. М.: Московский государственный областной университет. 2018. С. 215-219.

4. Недюрмагомедов Г.Г. Формирование экологической культуры учеников общеобразовательной школы // Годишник на Шуменския университет «Епископ Константин Преславски», Факултета по хуманитарни науки. Материали от юбилейната международна научна конференция „Хуманитаристиката – традиции и предизвикателства“ (11-13 мая 2022 г. Shumen). Том XXXIII А/1, Лингвистика, превод, медийни изследвания и методика на обучението. Шумен. 2022. С. 346-351.

5. Несговорова Н.П., Визерская Т.А., Савельев В.Г. Возрастные особенности экологической культуры населения и факторы, их определяющие. // Эколого-географические аспекты природопользования, рекреации, туризма: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Курган, 08-09 ноября 2017 г. / Отв. ред. Н.П.Несговорова. Курган: Курганский государственный университет. 2017. С. 309-312.

6. Янакиева Е.К. Форми за организация на екологическото възпитание в детската градина. Благоевград: ЮЗУ, 2006. 154 с.

7. Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю. Педагогический словарь. М.: «Академия». 2011. 176 с.

8. Байбородова Л.В. Внеурочная деятельность школьников в разновозрастных группах. М.: Просвещение. 2013. 177 с.

9. Виноградова Н.Ф. Экологическое воспитание младших школьников: приемы и перспективы. // Начальная школа. 2009. № 4. С.20-24.

ГЛУБОКАЯ ПРОРАБОТКА ТЕМЫ ЧЕРЕЗ ИГРОВУЮ ПРАКТИКУ КОНФЛИКТА

Попова М. Ю.

Руководитель общественного движения «Антиборщевик», г. Москва, Россия

1. Актуальность

Проблема охраны природы заключается в том, что силами имеющихся на данный момент равнодушных граждан невозможно решить все экологические проблемы, которые имеются. Подавляющее большинство людей вообще об экологических проблемах не думает; некоторые думают, но считают, что решать эти проблемы должен кто-то другой. Следовательно, необходимо работать целенаправленно над тем, чтобы равнодушных, грамотных и активных людей становилось больше. Из людей, ещё не ставших общественными активистами, многие недовольны безучастным (а порой даже хищническим) отношением бизнеса и власти к нашему общенародному достоянию – природе, многие хотят реализации своего конституционного права на благоприятную окружающую среду, но очень немногие решаются на то, чтобы начать воздействовать на сложившуюся ситуацию, хотя бы озвучивать позицию простых жителей. А из тех, кто решился действовать сам, очень немногие способны осознанно тратить часть времени для работы на расширение сообщества равнодушных, чтобы обеспечить массовость этого воздействия. Именно массовое воздействие действительно приводит к желанным результатам, индивидуальная работа часто недостаточна: например, стопка жалоб во все органы так и остаётся стопкой жалоб, о ней часто не знают даже соседи, а из органов приходят так называемые «отписки», потому что все прекрасно понимают, что один или несколько недовольных – это не та сила, с которой надо считаться, из-за которой реально стоит менять какие-то планы. Отсутствие обратной связи от общества порождает вседозволенность, поэтому можно считать, что во вредных для природы деяниях в равной степени участвуют и те, кто их непосредственно реализует, и те, кто всё видит и понимает, но бездействует.

Большинство недовольных граждан переживают за природу молча или излагают своё недовольство в чатах и группах эоактивистов, где от этого пользы мало. Внутри эогрупп и так все понимают, что природа важна и нужна, что надо её защищать, но у этих людей, уже активных, нет больших ресурсов на решение ещё большего количества проблем. Время активистов, которое они готовы тратить на общественную деятельность (работу и семью никто не отменяет), очень ограничено. Часто оно распланировано на много месяцев вперёд, поэтому очень трудно склонить активистов помогать. И это нормально, потому что не должны люди бросать свои проблемы (например, «возле моего района планируется пилить лес») ради того, чтобы решать чужие («в другом регионе тоже планируется пилить лес»). Чтобы деятельность людей не ограничивалась подписанием петиций или репостами, необходимо работать с широкой аудиторией, чтобы к решению природоохранных задач подключались

новые люди, чтобы вместе сделать больше.

Выход на широкую аудиторию означает не только расход времени на эту деятельность, но и довольно большой стресс от столкновения с реальностью массового равнодушия и невежества. Активисту необходимо иметь хорошую стрессоустойчивость, но далеко не всякий человек готов вырабатывать её в условиях реальной жизни, поэтому необходим тренажёр – игровая практика. Игра отличается от реальной жизни тем, что человек в безопасности: если он ошибётся, то никаких неприятных последствий не случится. Однако, в игре всё равно вырабатывается навык: люди учатся быть более эффективными в общении, доносить свои идеи, а также слушать и понимать других людей. Обучение не происходит в результате чтения книг по коммуникациям или после прослушивания лекций, даже если человек всё понял и узнал новые для себя приёмы. Нужно больше: научиться правильно действовать.

Как писала Н.Ф.Талызина, внесшая крупный вклад в разработку деятельностного подхода к обучению, «Действие – целостная система взаимосвязанных между собой элементов» [1]. В ходе выполнения действия эти элементы обеспечивают три основные функции: ориентировочную, исполнительную, контрольно-корректировочную. Центральной является ориентировочная часть действия. Именно эта часть обеспечивает успех действия. Ее можно раскрыть как процесс использования ориентировочной основы действия. Ученики часто недооценивают ориентировочную часть, спешат к исполнительной, т.е. к преобразованию предмета действия, к получению результата. Так, при решении задачи они, не проанализировав условия, не наметив плана работы, спешат выполнять действия. Контрольная часть направлена на проверку правильности как результатов ориентировочной части, так и исполнительной, на слежение за ходом исполнения, на проверку соответствия его намеченному плану. В случае обнаружения ошибки, отклонения от правильного пути необходима коррекция, исправление.

Иными словами, для формирования какого-либо навыка нужно подумать, как действовать, потом совершить сами действия, потом получить обратную связь и согласно ей скорректировать действия (возможно, уже будущие).

Так же, как чтение книг по коммуникациям не приводит к умению коммуницировать, получение информации об экологической проблеме и её решении не даёт человеку способности применять это знание всеми способами и нести его дальше всем людям: эту способность нужно вырабатывать отдельно. И дело не только в навыке переговоров, о котором сказано выше, но и в том, что во время беседы часто выясняется, что активист сам ещё не до конца глубоко понимает тему, не все нюансы знает. Собственно, это одна из основных причин страха, мешающего работать с людьми: «А вдруг люди будут возражать, что я им тогда отвечу?» Чтобы иметь возможность что-то кому-то объяснить или мотивировать кого-то на некоторые действия, нужно очень хорошо самому знать предмет. В экопросвещении очень важно следование принципу «Начни с себя».

2. Тренажёр

В конце 2023 года была издана игра «Аргумент» для тренировки

общественных активистов [2]. В основе её лежит механика управленческих поединков [3], но взаимодействие участников сильно упрощено (нет судейской коллегии, судья всего один) и добавлена возможность учёта «человеческого фактора» (персонажи, подобно живым людям, обладают некоторыми характеристиками).

Изначально создавалась игра для борцов с борщевиком Сосновского [4, 5], для того, чтоб они не только сами копали, травили или как-то иначе уничтожали этот опасный для нашей природы инвазивный вид, но и привлекали других людей к подобной деятельности. Однако инструмент получился универсальный: механика игры подходит для проработки абсолютно любой темы, следовательно, темы для дискуссий постепенно добавляются по мере запроса от активистов и по мере поступления материалов.

В наиболее простом варианте процесс выглядит так.

Один игрок (назовём его судьёй) берёт карточку с конфликтной ситуацией и читает её вслух. Два других игрока входят в образы персонажей этой ситуации и спорят в течение некоторого времени. По итогу разговора судья пишет в таблицу 1 очко тому из них, кто был убедительнее (не прав или неправ, а именно убедительнее, сильнее как переговорщик). Затем переговорщики меняются своими ролями в этой ситуации (карточка остаётся та же самая!) и снова спорят, после чего более сильный получает очко. Далее роли сдвигаются по кругу: судьёй становится сосед слева от бывшего судьи. Он берёт новую карточку с ситуацией, зачитывает её... И так далее.

За счёт смены ролей достигается максимально возможная в данных условиях объективность: судье невыгодно быть несправедливым, иначе может случиться месть от того игрока, которого он «засудил» только что. Как показывает практика игры, люди стремятся к объективности и даже почти всегда объясняют, почему они приняли то или иное решение, хотя, по правилам игры, судья не обязан ничего объяснять.

Есть второй вариант правил, который учит людей импровизировать. Ситуация не известна заранее, её придумывает судья прямо на месте, опираясь на некоторые случайные данные – карточки «время», «место» и характеристики персонажей (характер, здоровье, профессия и другие). Карточки эти тянутся игроками из соответствующих стопок, и когда они все уже лежат на столе, судья придумывает обстоятельства: как эти два человека смогли встретиться в таком месте в такое время и о чём они могут поговорить? Поговорить они должны по теме игры, причём так, чтобы их интересы противоречили друг другу, чтобы получился конфликт. Судья при этом может пользоваться всем, что ему покажется полезным. Он может листать стопку карточек с готовыми историями, искать информацию в интернете, слушать советы других игроков и др. Далее, когда история уже произнесена вслух, переговорщики играют два диалога аналогично первому варианту.

Первый вариант – это противоречие интересов сторон в чистом виде, второй – противоречие интересов живых персонажей, он максимально приближен к реальной жизни, где есть не просто интересы, а ещё «человеческий фактор» – живые люди со своими возможностями и ограничениями.

Смена ролей позволяет понимать, как мыслит оппонент, почему он не хочет что-либо делать или почему делает неправильно. Скорее всего, не со зла, а есть у него какие-то на это причины. Если разобраться в них, тогда постепенно становится понятно, чем мы можем ему помочь, чтобы подвести к тому, что нам хотелось бы.

3. Аналитика

Роль судьи помогает отстраниться от словесной битвы и подумать, как эффективнее вести диалог, какие слова воздействуют на собеседника нужным образом, а какие – нет. В реальной жизни редко кто этим занимается (нет времени или просто не хочется возвращаться к неприятному эпизоду своей жизни), а тут придётся думать в обязательном порядке, согласно правилам игры. Утешением является то, что судить других (тех игроков, кто сейчас был в роли переговорщиков) гораздо легче, чем самого себя, анализируя собственные ошибки после переговоров в реальной жизни.

Ещё одна польза от аналитики – это обнаружение своих пробелов в знаниях. Как показала практика многих проведённых игр, самый частый вопрос, который возникает: «А что надо было ему сказать на это?». Если среди присутствующих есть эксперт, знающий ответ – восполнение пробела в знаниях происходит немедленно, если же нет – люди начинают искать материалы по данному вопросу в интернете или по знакомым, причём делают это сами, добровольно. Таким образом, происходит контроль знаний, и даже больше – самоконтроль.

4. Как подготовить тему для проработки

Когда за дело берётся не простой активист, а руководитель какого-то сообщества активистов, как правило, он сам уже очень глубоко погружён в тему, и у него возникает задача обучить "простых" активистов быстро и качественно, чтобы они тоже могли легко отвечать на типовые вопросы. Причём делать это легко, без лишних эмоций, просто как « $2 \times 2 = 4$ ». Соответственно, нужно взять тему, которую продвигает данное сообщество и, образно выражаясь, «разложить в спектр», то есть составить набор карточек, который будет содержать в себе большинство типовых диалогов. В игре «Аргумент» на данный момент есть три темы: борьба с борщевиком Сосновского, защита лесов и мусорная проблема. Это позволяет поработать множество ситуаций, однако, экоактивисты могут столкнуться и с какой-то другой проблемой, которая ни в одну из этих категорий не попадает, поэтому придётся делать карточки самостоятельно. Делаются они следующим образом.

1. Выписываем для выбранной темы список подтем, которым мы хотим уделить внимание. Например, для темы борщевика это были: проведение субботников и патрулей, нюансы исполнения методов борьбы (как правильно действовать, чтобы достигать результата), техника безопасности, жалобы и предложения к властям, взаимодействие с НКО, работа фирм-подрядчиков и экопросвещение. Для защиты лесов [8] подтемами были: лесозаготовки, благоустройство в лесах, отчуждение из лесфонда и застройка бывших лесных территорий [7], климат, лесные и травяные пожары и борьба с ними,

экопросвещение по лесной теме и некоторые другие вопросы, которые не тянут на подтему, но хотя бы по одной карточке должны быть представлены. Например, опустынивание в степных регионах, уход за парками в городах, забота о животных и др. В мусорной проблеме мы рассмотрели такие подтемы как минимизация образования мусора, организация раздельного сбора отходов [9], переработка вторсырья, логистика и ЖКХ, общественная борьба против свалок и строительства мусоросжигающих заводов возле населённых пунктов.

2. Когда определились с подтемами, следует вспомнить все конфликтные ситуации, которые были в нашей жизни и в жизни наших друзей, затем есть смысл обратиться к тем знакомым, которые много занимаются какой-то из подтем, выслушать и записать все проблемы, которые человек расскажет.

3. На основе собранного материала по каждой истории делаем карточку: явно называем противоречие интересов и пишем первую фразу, с которой начинается диалог. Текст карточки не должен быть очень длинным и подробным, указываем только самую суть, иначе люди будут уставать читать. Рекомендуемое ограничение сверху – 400 печатных знаков. Примеры карточек представлены ниже.

Про борщевик: "Борщевик зовёт соседа на субботник, а тот ему отвечает: «Государство завезло его – вот пусть оно и борется. Я налоги плачу, в сельсовете люди зарплату получают. Почему я сам должен идти бороться?»

Про мусор: « После экоурока в 4-ом классе дети воодушевились идеей беречь деревья, сдавая макулатуру. На другой день учитель на глазах у детей бросает использованные листы в урну под столом. Один мальчик делает ему замечание и предлагает организовать сбор макулатуры в классе. Учитель не знает, куда потом девать эту макулатуру, да и вообще всерьёз не собирался этим заниматься.»

Про лес: «Температура горения в окурке – около 450 градусов, достаточно для того, чтобы поджечь траву. Активист собирал грибы и случайно увидел, как в лесу другой грибник бросил окурки в кусты и пошёл дальше. Экоактивист догнал его, спросил, понимает ли тот последствия, а курильщик ответил: «Потухнет... Всю жизнь так делаю, ничего ещё ни разу не загорелось.»

4. Для новичков полезно составить не просто карточки, но дополнительно к ним ещё информационный лист с базовой информацией по теме, чтобы человек мог его прочитать – и уж если не уверенно, то хотя бы адекватно пообщаться по теме, вытянув любую из карточек. Наличие такого листа не просто ликвидирует страх «Я не компетентен, поэтому играть не буду», но также выполняет просветительскую функцию. Практика показала, что эти информационные листы активисты потом просят прислать для печати в виде листовок – для раздачи знакомым и незнакомым людям в тех ситуациях, когда нет времени полноценно поговорить и изложить всё, что нужно.

5. Желательно провести тестирование. История, рассказанная каким-то одним человеком, может не оказаться массовой, происходящей у разных активистов, и насколько она актуальна – можно выяснить как в процессе игры, так и в процессе простого чтения карточек людьми, которые их видят впервые и готовы дать обратную связь. Что касается информационных листов, то их

следует давать почитать, в первую очередь, экспертам по выбранной теме.

5. Положительные эмоции

Несмотря на всю серьёзность намерений разработчика, игра получилось смешная. Игроки часто ведут себя неожиданно, характеристики персонажей, которые во втором варианте правил, порой тоже выпадают неожиданные и с некоторыми противоречиями – это всё бывает довольно забавно, а положительные эмоции – это верный способ закрепить в памяти то, что с ними ассоциируется. Как показывают исследования, материал, вызывающий сильные положительные чувства, заучивается легче, чем безразличный и скучный [10]. Из практики можно утверждать, что сыгранные ситуации или отдельные фразы отдельных игроков часто запоминаются, хотя, объективно, нет в этом никакой нужды, – запоминаются просто потому, что это было весело. Но главное, остаётся в памяти сама идея, что можно очень по-разному донести свою мысль, а это расширяет спектр шаблонов поведения, даёт нам больше выбора, когда приходится действовать в реальной жизни. И в целом работа с людьми перестаёт казаться чем-то очень тяжёлым и страшным: что смешно – то не может быть страшно. Более того, у людей довольно часто возникает желание играть просто так (без волевых усилий, как это бывает при тренировках), что очень важно в условиях добровольческой деятельности, когда нет возможности что-то приказывать активистам, а есть возможность только рекомендовать и предлагать [6]. Впрочем, даже в трудовых отношениях, где руководитель имеет право приказывать своим подчинённым (именно для этого он платит им зарплату), удовольствие от процесса лишним не будет.

6. Работа с большой аудиторией и формат турнира

Хотя базовый вариант правил игры "Аргумент" рассчитан на трёх человек, есть разные способы занять в игре большее количество людей. Например, вызывать из зала по два человека (они будут в роли переговорщиков), а в роли судьи будет выступать весь остальной зал – выбирать победителя голосованием. Можно также провести турнир, где турнирная таблица будет состоять из троек игроков. Если игроки живут не рядом, возможно проводить игру онлайн с использованием видеосвязи, которую сейчас предоставляют бесплатно многие социальные сети и мессенджеры.

7. Итоги

Инструмент для тренировки и повышения квалификации общественных активистов существует, выполняет свои функции и может быть адаптирован к любой дискуссионной теме. Игра предназначена для практической отработки навыка переговоров, для получения опыта ведения дискуссии, ничем не рискуя в реальной жизни, а также для обнаружения пробелов в собственных знаниях и их восполнения с помощью информационного листа, либо самостоятельно по иным источникам информации. Это позволяет за короткий срок сделать из начинающего экоактивиста опытного и грамотного.

Список литературы

1. Талызина Н.Ф. Т16 Педагогическая психология: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия». 1998. 288 с.
2. Попова М.Ю. Игровые способы закрепления знаний и навыков в экологическом просвещении. Сборник научных трудов XXV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» в 2 томах. // Москва, РУДН, 26–28 апреля 2024 г. Т. 2. С. 373-377.
3. Правила управленческих поединков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://poedinki.ru/skill/technology> (дата обращения: 05.03.2025).
4. Лунева Н.Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления // Вестник защиты растений. 2018. № 3 (97). С. 10-15.
5. Далькэ И.В., Чадин И.Ф. Методические рекомендации по борьбе с неконтролируемым распространением растений борщевика Сосновского. // Институт биологии Коми, Сыктывкар. 2008.
6. Попова М.Ю. Просветительская и юридическая борьба с биологическими инвазиями на примере борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*). Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2023. С. 213-217.
7. Как защитить свои экологические права. Методическое пособие / Зенчев К.А., Честина Т.В.; под ред. Зенчева К.А. М.: МЭОО «ЭКА». 2015. 80 с.
8. Лескинен П., Линднер М., Веркерк П.Й. и др. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука. 2020.
9. Тугов А.Н., Москвичев В.Ф., Федоров Л.Г. Европейский опыт решения проблемы отходов в мегаполисах // Твердые бытовые отходы. 2009. № 7(37). С. 42-48.
10. Столяренко Л.Д. Основы психологии. Ростов-на-Дону. 2003. С. 288.

СУБЪЕКТНЫЙ КОМПОНЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СООБЩЕСТВА

Рыбаков Д. Г.¹, Рыбакова Е. В.²

¹ ММИГ «Белая Речь», г. Белорецк, Россия

² ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Народнохозяйственная сфера предприятий и сообществ, индивидуальная активность граждан, к сожалению, зачастую не соответствуют принципам зрелости экологического сознания, природосберегающей компетентности, что не способствует не только эффективному природосбережению, но закономерно усугубляет и иные риски развития современного социума.

Проблематика моделирования и осуществления системы бережного отношения к природе имеет античную историю, предполагает мировоззренческую зрелость человека и социума, ответственное отношение ко всем сторонам активности сообразно наблюдаемым, изучаемым реалиям природных объектов в их единстве и перспективам сохранения, развития природных ресурсов, систем, синергирующих процессов.

Экологическое сознание неслучайно определяется авторами, научными школами, дисциплинарными областями в довольно разнесённых формулировках: от узко утилитарных и упрощённых подходов через более системные концепции к мировоззренческому единству цивилизационного значения. Осмысление заведомой дефицитарности доступных человечеству компетенций в области сохранения природы и сберегающему сосуществованию с ней человека в период динамичных изменений мира и глобальной социальной неопределённости имеет возрастающее значение, соответственно, сотрудничество ответственных субъектов в этой области предполагает созидательное сотрудничество как в отношении хозяйствования на Земле, так и применительно к внутреннему миру человека для обеспечения его максимальной эффективности сообразно новым и предполагаемым вызовам времени.

Перед социально-образовательными научными, художественными институциями стоит задача обогатить классические составляющие экологического сознания человека глобально значимыми новациями в контексте неопределённости перспектив социального развития, процессов климатологического, тектонического плана и др. Составляющие экологического сознания ныне заведомо шире, чем понятийно-смысловые концепты, ценностные ориентиры, показатели благополучия природных объектов и задачи природосбережения.

Экологическая культура, индивидуальная, семейная, корпоративная, экокультура общественного сознания закономерно взаимодействует с экологией самого человека – подобно тому, как патриотизм начинается с самоуважения, уважения и сбережения близких, личной и окружающей территории – аксиологизирует человека в гармонии с природой как активного и значимого участника созидательного диалога.

Биоразнообразие на самом деле является понятийным ключом к антропоборазнообразию – необходимому условию жизнеспособности и саморазвития человечества. Участвуя в диалоге данного плана, взрослые и дети проникаются дополнительным обоснованием, значимостью природосбережения и включения природных объектов в сферу источников антропопрогресса с неожиданного ракурса.

Экологическое сознание взрослого подвергается средовой, событийной, понятийной, манипулятивной, корпоративной, вынужденной деструкции, разнося мировоззренческие снования с его обиходными составляющими, и задачей эффективной поддержки общественного экосознания является совместное выявление этой разнесённости с последующим оздоровлением системы понятий, представлений, ориентиров через СМИ, волонтерскую деятельность, просвещение, примеры в окружении, рационализацию чувства вины, беспокойства ожиданий, социальную апатию и т.д.

В ходе опросов и наблюдений участников волонтерских групп нами выявлено, что потенциал саморазвития экологического сознания у граждан довольно высок, как в группах людей с высоким образовательным уровнем, так и в менее образованных категориях. В волонтерских видах активности принимают участие, периодически либо регулярно, большинство населения, хотя многие первоначально не называют это волонтерской занятостью (для души, за компанию, с организацией и др.). Уже после обсуждения вопросов экологической работы уровень готовности принимать участие в мероприятиях возрастает на 10-15 %. Следует учитывать, что организационные и иные проблемы могут и негативно повлиять на доверительность отношений внутри волонтерских групп и успешность, результативность сотрудничества, инициативность и психоэмоциональное состояние участников.

Несмотря на содружественность экологических представлений, ценностей, понятий у граждан и сообществ в России и за рубежом, особенно созвучны, преемственны взгляды и установки российских граждан с позициями представителей стран бывшего СНГ.

На кафедре педагогики ФГБОУ ВО УУНиТ в формате реализации долгосрочного проекта международного научно-образовательного сотрудничества, разработанного под руководством профессора А.С.Гаязова, моделируются и решаются задачи воспитательной направленности, акцентируясь на важнейших, стратегических направлениях современности и прогнозируемой перспективы. Как весьма представительная база коллаборации, так и насущная актуальность обеспечения, продвижения экологически значимых трендов общественного и личного сознания граждан фокусируются в данном контексте с растущей продуктивностью и достоверностью. Философские, психолого-педагогические, эстетико-этические, системообразующие составляющие данного проблемного кластера органично могут и должны быть ресурсообразующими для образовательных и иных систем жизнедеятельности человека, как и любые кризисные явления в рациональном поле преобразования.

Например, в дидактике проблема, кризис, конфликт являются необходимой составляющей проектной, творческой, системообразующей активности граждан и их сообществ, обеспечивая как устойчивость, так и

пластичность обретаемых компетенций и практических достижений. Есть и иные варианты взаимовлияния факторов в этой сфере.

Скажем, цифровизация занятости человека, создавая определённые условия для снижения нагрузки на экологию (изменение транспортных потоков, торговых площадей, некоторых расходных процессов и др.), в то же время способствует усилению отчуждения граждан от природных объектов через дистанцирование обихода, производственной занятости и др. на фоне продолжающейся урбанизации, расширения сферы социальных, микробиологических рисков, экспансии синтетических материалов и фальсифицированных продуктов. Ухудшение состояния экологии здесь, помимо роста мотивации граждан и общества на сбережение природных ресурсов и поддержания благоприятной среды жизнедеятельности (что необходимо целеориентированно актуализировать, конечно), – способствует, однако, дополнительному дистанцированию человека от природной среды вначале по конкретным причинам, в конкретных локациях и темпоральных параметрах (отслеживая, например, повышение ПДК в городском воздухе в часы пик или направление ветра от крупных предприятий в сторону природных объектов), а затем уже в силу привычных установок и обиходных реалий, культурологизируя экологическую отчуждённость. Конечно, такие процессы существенно противостоят усвоенным населением правильным представлениям об экологических ценностях, нормам социально ответственного поведения и личным возможностям природосбережения, что ограничивает средовые, творческие, ситуативные экологически значимые ресурсы граждан и сообществ.

Нельзя недооценивать и ряд позиций отчуждения праксиса, самоактуализации, самопроектирования в русле развивающейся цифровизации – от бытовых компонентов занятости до стратегического самопознания, самоопределения. Необходимо актуализировать более целеориентированные подходы в направлении преодоления дефицитарности жизнедеятельности граждан на каждой ступени диджитализации бытия.

Сопровождая группы поддержки, мы наблюдаем растущую потребность взрослых и детей в гармонизации внутреннего состояния и межличностных, производственных составляющих жизни. Одним из действенных направлений поддержки этих категорий, а также руководителей групп, супервизоров специалистов, является, наряду с симптоматической терапией и избирательной культурно-художественной, проектно-креативной самоактуализацией, – именно адресное, систематическое, адаптивное экопсихологическое сопровождение.

Особенно в период самодистанцирования, связанный с КОВИД-ограничениями, дети, тем более – дети с ограниченными возможностями здоровья – обнаружили значительный (до 30-45 %) рост активности, мотивированности, продуктивности работы с педагогом, ведущим онлайн-занятия с окрестных природных объектов, привлекая наблюдаемые детьми реалии к содержательному взаимодействию с дидактическим контентом.

Исследуя аспекты подсознательной готовности взрослых и детей к социально ответственному поведению, мы, соответственно, соотносим понятийно-предметные компоненты экологического сознания с их

продуктивно-действенными формами самоактуализации в этой сфере, проектно-креативной, ситуативной эффективностью, эмоциональной включённостью, последующими проявлениями самостоятельной активности, поисковой и интегративной. Взаимодействие взрослых и детей, семей и организаций в этой сфере создаёт необходимый задел на будущее, в том числе творческого, научного, общественного перспективного значения.

Наши участники волонтерских групп и заседаний Межрегиональной Межведомственной Интернет-Гостиной «Белая Речь» – студенты, практики, преподаватели, общественность ряда стран - наблюдают зарождение социально ответственных сообществ, во многом – стихийных, участники самораскрываются, обретают большую уверенность в себе и окружающих, что само по себе противостоит негативным трендам общественного сознания и активности.

Таким образом, помимо целенаправленного становления общественного и индивидуального экологического сознания, реализуемого в активной социально-личностной, деятельностной позиции, иницируются центры созидательного значения и в отношении самого человека [9, 10], его природы, деятельности, будущего [11].

Важные признаки субъектной актуализации к ответственному природосбережению:

- готовность тратить время, усилия на познание, осмысление, осуществление, развитие компонентов ответственного природосбережения;
- растущая системность аксиологического компонента – от рационально-утилитарного подхода к осознанию уникальности и уязвимости природной среды к более синергирующим и философским концептам;
- ответственная оценка окружающих и самооценка, соотносимые с экологической стороной убеждений, активности, социальной коллаборации.

Современное детство при этом находится в ещё более многозадачной ситуации:

- микросоциальная рассогласованность, требующая системной поддержки;
- культурно-социальная несбалансированность, которой взрослые могут не осознавать в силу своего гражданского становления в иную эпоху;
- явление, иногда называемое учёными и практиками «урбанистическим аутизмом» (имеется в виду отчуждение от внешнего пространства и собственного осмысления этой дистанцированности), между тем как близость к природным объектам не просто способствует улучшению психоэмоционального, соматического состояния человека, гармонизации отношений, реализации продуктивного, творческого начала, но, как известно, помогает индивиду преодолевать психотические состояния, шизофренический статус и т.д.;
- динамичное смешение культурно-языкового, социально-цивилизационного пространства, при заметном поиске со стороны этносов и территориальных, государственных субъектов устойчиво созидательных областей, институций, весьма коррелирующих со стратегическими направлениями политики России и некоторых других государств. Существенно, что поиск путей международного сотрудничества, взаимного благоприятствования весьма коррелирует с аспектами экологического сознания граждан и сообществ.

Своя территория, эффект присутствия, личная история моделирования экологически значимых установок, проектов, системность в развивающей поддержке всех сторон личности детей и подростков – подходы, которые способствуют более гармоничному формированию и развитию экологического сознания детей.

Проблемно-понятийная и терминологическая готовность детей в области экологии – вопрос средовой, семейной и корпоративной экологической культуры, когда непосредственное общение обогащает их сознание и социально-деятельностные ресурсы инструментарием и мотивирующим контентом одновременно с освоением наукоёмких, процессуально эффективных активов, подготавливая к будущим достижениям.

Видение проблем и их ресурсная аспектация, непосредственное, ситуативное содержание экологического сознания и поведения предполагает мировоззренческую, жизненную, адаптивную эффективность окружающих людей как моделей и интеграторов саморазвития, что уберегает от формализации, схоластики, выгорания процессов и личностей.

Список литературы:

1. Филиппченко А.Д., Фридман М.Ф. Философские основания формирования экологического сознания // Современные философские исследования. № 1. 2025.
2. Ашхамаф А.Р. Экологическое сознание: к проблеме определения понятия // вестник Адыгейского государственного университета. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-soznanie-k-probleme-opredeleniya-ponyatiya>.
3. Парахонский А.П. Экологическое сознание – основа взаимодействия человека и биосферы // Современные наукоёмкие технологии. 2008. № 12. С. 51-53; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=24350> (дата обращения: 01.04.2025).
4. Шефель С.В., Захарова В.А. Роль отечественного литературного наследия в экологизации сознания и деятельности социального субъекта // История. Культурология. Политология. 2025. № 1. History. Cultural studies. Political science. 2025. No. 1.
5. Васильева В.Н., Торгунакова М.А.. Современное экологическое сознание: пути и средства формирования // Журнал социологии и социальной антропологии. 2007.
6. Липаев А.А. Экологизация техносферы как возможный национальный проект России // Управление техносферой: электрон. журнал. 2025. Т.8. Вып.1. С. 1-13.
7. Дятченко Л.Я., Бабинцев В.П. Теоретические аспекты формирования социально-технологической культуры и социально-технологического мышления менеджеров // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право. 2011. № 2(97). С. 110-120.
8. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Калабин Г.В. Экологизация технологической парадигмы недропользования - Локальный ответ на глобальные вызовы // Вестник РАН. 2023. Т. 93. № 1. С. 58-66.
9. Тулитбаева Г.Ф. Социально-личностный интерес в структуре личности будущих психологов // Психолог. 2016. № 6. С. 46-53.
10. Лавренюк-Исаева Н.М. Роль социального предпринимательства в человеческом развитии Республики Тыва // Новые исследования Тувы. 2022. № 4. С. 190-212.
11. Тулитбаева Г.Ф. Социальный интерес как показатель психического здоровья // Проблемы и перспективы развития социально-экономических и общественных наук: психология, экономика, педагогика, социология, юриспруденция, политология: сборник трудов V Международной дистанционной научно-практ. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во Международного исследовательского центра «Научное сотрудничество». 2014. С. 68-73.

*Материалы конференции, опубликованные в сетевом издании
«Управление техносферой», Вып. 3, Т. 8, 2025.*

Абдулло-заде Н.Р., Рустамова Х.Р., Самигуллина Г.З. Разработка предложений по снижению отдельных групп отходов на примере фельшерско-акушерского пункта Аштского района Согдийской области Республики Таджикистан.

Башаричев А.В., Сиротюк В.Я., Голиков В.А., Иванов В.А. Возможности технологии парового риформинга по утилизации отходов.

Борисова Е.А. Модернизация процесса утилизации твердых коммунальных отходов на предприятии АО «ФПК».

Бухарина И.Л., Пашкова А.С., Ковальчук А.Г., Белеля А.С. Технологии переработки органических отходов с применением биологических объектов.

Гапурова О.У., Хайдаров Р.Р., Галиулин И.Г. Новые волокнистые ионообменные сорбенты для очистки воды.

Дружакина О.П. Комплексный подход в развитии профессионального экологического волонтерства.

Зобнин Б.Б., Кочетков В.В., Стороженко Л.А. Концепция управления преобразованием природно-технической системы в состояние ликвидации техногенного риска.

Кричевский С.В. Сумма экспансии на Земле и в космосе, эволюция технологий, управление экоразвитием при переходе к новому мировому порядку.

Минигазимов Н.С., Мустафин Р.Ф., Хасанова Л.М., Азнагулов Д.Р. Исследования Башкирского государственного аграрного университета (БГАУ) по развитию системы накопления, сортировки и утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) в Республике Башкортостан.

Петровых А.В., Березина Е.Н., Тимрот С.Д., Калаева С.З. Проблемы ликвидации объекта накопленного вреда окружающей среде.

Родькин О.И., Ветошкин А.А. Перспективы использования отходов сжигания твердого топлива для химической мелиорации почв и роста продуктивности культур.

Стяжкина И.С., Дружакина О.П. Реализация проектной деятельности как элемент формирования профориентационного выбора в сфере инженерных и естественных наук.

Смирнов Ю.Д., Сучков Д.В. Использование промышленных отходов для производства бетонных изделий – элементов благоустройства с учетом специфики отдельных регионов России.

Ткаченко Ю.Л. О возможных принципах построения энергетики экотехносферы.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
 Раздел 1 ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОСВОЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА КАК ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПРИРОДОПОДОБНЫХ ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗВИТИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Калабин Г. В.....	6
 Раздел 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ СТРАН СНГ	
ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРИАЭРОДРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ Ахметова В. А., Тараканов Д. А., Максютлов А. М., Гиззатуллина И. И.....	19
ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПОЖАРАХ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН Гиззатуллина И. И., Тараканов Д. А., Максютлов А. М., Кузнецова В. К.....	21
СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ Канева А. М., Хохлова Л. И.....	24
ОЦЕНКА СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД Коротаева А. Э.....	27
ОБЗОР ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ Кузнецова В. К., Тараканов Д. А., Ахметова В. А., Максютлов А. М.....	34
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНОКУЛЯЦИИ МИКОРИЗНЫМИ ГРИБАМИ РОДА GLOMUS В УСЛОВИЯХ ПРИБЛИЖЕННЫХ К ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ Лебедева М. А.....	37
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ Николаева Е. С., Закиров Р. К., Балымова Е. С., Ахмадуллина Ф. Ю.....	42
СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ ПРИ СОЗДАНИИ ЗАМКНУТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ Петряшова С. С., Доронкина И. Г.....	50
РАЗРАБОТКА АППАРАТОВ ЖИДКОСТНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ Садыков Р. Х., Стаценко В. Н.....	53
ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕТОПИСЕЙ ПРИРОДЫ ООПТ, КАК КОМПОНЕНТА ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Саченок Д. А.....	59

ПРОБЛЕМЫ И БАРЬЕРЫ ПРИ СОЗДАНИИ ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ Сметанин С. А.....	67
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА Сокол В. Р., Логинова А. Г., Хохлова Л. И.....	71
ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ БАССЕЙНА РЕКИ УФА Соколов Л. И., Ишмухаметова Я. Г.....	75
ЭКОПРОМЫШЛЕННЫЕ ПАРКИ Хачатрян А. А., Крбашян В. В.....	82
ЧИСЛОВАЯ АСИММЕТРИЯ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ Хорьков С. А., Маврикиди Ф. И.....	85
БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ Хохлова Л. И., Лисин К. К., Бабаева В. М.....	89
СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ КАК СПОСОБ СНИЗИТЬ ЭМИССИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕКТОРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА Хохлова И. Л., Самуйленкова А. М., Безрукова В. А.....	95
Раздел 3 ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ	
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РФ Борисова О. Н.....	101
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО КИРПИЧА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ Вякина П. А., Лисовская К. А., Хохлова Л. И.....	107
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН Данилов О. С., Алексейко Л. Н., Таскин А. В., Иванников С. И.....	113
СОЗДАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ Дружакина О. П., Дзюина Д. Д., Телицына С. И.....	120
ПРАВО ГРАЖДАН НА НАДЛЕЖАЩЕЕ ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ Дубовик Д. М.....	125
БИОПРЕПАРАТ ИНСЕКТИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ «КИСЕТ» НА ОСНОВЕ ОТХОДА ТАБАЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Жмакова Н. А., Пилюк Я. Э., Макарова Н. Л., Лукашевич Т. Н.....	129
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ Игнатченко П. П., Пашкевич М. А.....	133
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ Керимова Т. Х., Валиева А. Р.....	138

ПОЛУЧЕНИЕ ОБОГАЩЕННОГО СУПЕРФОСФАТА НА ОСНОВЕ РАЗЛОЖЕНИЯ КЫЗЫЛКУМСКОГО ФОСФОРИТА СО СМЕСЬЮ СЕРНОЙ И ФОСФОРНОЙ КИСЛОТ	
Косимов Д. М., Намазов Ш. С., Бадалова О. А., Сейтназаров А. Р., Расулов А. А.	144
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ КОМПОСТИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ: ПИРОУГЛЯ И КУРИНОГО ПОМЕТА	
Курицин И. Н., Ахметзянова Л. Г.	147
СТАБИЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТКО МЕТОДОМ ЛИТИФИКАЦИИ	
Матвеева В. А., Куликова Ю. А.	153
ПРОРАБОТКА МЕТОДА ВОВЛЕЧЕНИЯ ВО ВТОРИЧНЫЙ ОБОРОТ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИДАНИЯ ИМ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ	
Михеенков А. М.	159
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ	
Петрова Т. А., Муравьева Е. Н.	162
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ	
Пустохин Д. А., Пустохина И. В.	166
ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В АРКТИКЕ КАК ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ	
Сердюкова Е. А., Данилов А. С.	182
ПИРОЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ	
Соколов Л. И., Воропай Л. М., Смирнова И. М.	191
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РЕЦИКЛИНГЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ	
Стрельников К. Д., Успенская М. В.	200
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЗОНИРОВАНИЯ СВАЛОК: ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ	
Титова А. Г.	205
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕРАБОТАННЫХ И ВТОРИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ	
Хохлова И. Л., Вельковская М. И., Мухин В. В.	210
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Хохлова И. Л., Виноградова А. Е., Миронова М. А.	216
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ПЕРЕРАБОТАННОГО СТЕКЛА	
Хохлова Л. И., Соколов В. П., Дубовой М. Г.	221
ПОЛУЧЕНИЕ КОРМОВОГО ФОСФАТА В ПРИСУТСТВИИ РЕТУРНОГО ПРОДУКТА	
Хошимов И. Е., Турдиалиева Ш. И., Намазов Ш. С., Сейтназаров А. Р., Раджабов Р.	226

Раздел 4 ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ВОСПИТАНИЕ МОЛОДЕЖИ

РОССИЙСКИЕ ЭКОЛОГО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ
ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ОБЪЕДИНЕНИЯ КАК ФАКТОР
РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА В
ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ)

Михайлова А. В...... 232

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ У СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО
ВУЗА

Недоруб Е. Ю...... 236

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ВО
ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Недюрмагомедов Г. Г...... 238

ГЛУБОКАЯ ПРОРАБОТКА ТЕМЫ ЧЕРЕЗ ИГРОВУЮ ПРАКТИКУ КОНФЛИКТА

Попова М. Ю...... 243

СУБЪЕКТНЫЙ КОМПОНЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ
ЧЕЛОВЕКА И СООБЩЕСТВА

Рыбаков Д. Г., Рыбакова Е. В...... 250

Приложение 1. Материалы конференции, опубликованные в сетевом издании

«Управление техносферой»..... 255