Геоэкология

DOI: 10.35634/UdSU.2026.43.79.005

УДК 621.311.22:662.641

С.Н. Гамаюнов, А.И. Жигульская, Б.Ф. Зюзин, Л.В. Копенкина

СОЗДАНИЕ ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА С АВТОНОМНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ НА МЕСТНЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСАХ

Аннотация. Для обеспечения устойчивого развития депрессивных регионов особую значимость приобретают природно-промышленные комплексы, формирующиеся вокруг собственного энергетического ядра — мини-ТЭС, работающей на торфяном топливе и других местных биоресурсах. Предлагается к рассмотрению проект по созданию природно-промышленного комплекса в Тверской области, который обладает богатыми запасами и традициями производства, переработки и использования торфа. В рамках проекта предполагается создание новых локальных структур электроснабжения и теплоснабжения на территории опережающего развития в городе Кувшиново для инновационных предприятий индустриального парка. Комплекс, объединяя природные ресурсы, промышленные предприятия и возобновляемые источники энергии, обеспечит эффективное производство при минимальном воздействии на окружающую среду.

Ключевые слова: биогенные ресурсы, индустриальный парк, инновационные решения, мини-теплоэлектростанция, природно-промышленный комплекс, торф, экологическая безопасность, энергетическая независимость.

Для цитирования: Создание природно-промышленного комплекса с автономным энергетическим центром на местных природных ресурсах / С.Н. Гамаюнов, А.И. Жигульская, Б.Ф. Зюзин, Л.В. Копенкина // Управление техносферой: электрон. журнал, 2026. Т. 9. Вып.1. С. 69–85. DOI: 10.35634/UdSU.2026.43.79.005

Введение

Современные экономические и экологические вызовы требуют перехода к устойчивым моделям производства, которые учитывают необходимость снижения зависимости от внешних источников энергии и минимизации негативного воздействия на окружающую среду [1]. В этой связи вопрос о формировании стабильных и автономных экономических систем приобретает

всё большую значимость. Природно-промышленные комплексы (ППК), в частности, интегрированные с автономными энергетическими центрами, представляют собой одну из таких систем, способных обеспечить баланс между потребностями промышленности и экологическими требованиями [2].

Природно-промышленный комплекс представляет собой интеграцию производственной, экологической и социальной составляющих, которая направлена на оптимальное использование местных ресурсов. Первостепенной задачей формирования подобного комплекса является достижение экономической эффективности и экологической стабильности посредством разумного применения местных природных ресурсов, внедрения инновационных технологий и обеспечения автономного энергоснабжения.

В мире уже существует множество успешных примеров создания природно-промышленных комплексов с автономным энергоснабжением [3]. Например, использование биогазовых установок в агропромышленных хозяйствах Европы позволяет перерабатывать отходы и обеспечивать энергию для производства.

Россия обладает колоссальными запасами такого природного ресурса, как торф. В этой связи представляется целесообразным рекомендовать создание промышленных предприятий по его производству, переработке и энергетическому использованию в регионах, где расположены в достаточных количествах его месторождения.

Торф, продукты на его основе широко применялись во многих отраслях национальной экономики [4]. Его запасы в нашей стране составляют примерно 250 млн тонн, и каждый год они прирастают [5]. Торф является ценным природным ресурсом, который может использоваться в качестве альтернативного источника энергии, удобрения и сырья для производства различных товаров. Из него можно получить более 70 видов различной продукции. Наблюдается увеличение спроса на торф в контексте органического

земледелия. В недалеком прошлом его в больших масштабах использовали в качестве топлива для энергетических станций.

Таким образом, одним из возможных перспективных путей развития территорий является формирование ППК, который будет объединять промышленное производство торфа с его использованием своими предприятиями комплекса. Это, в свою очередь, принесет выгоды не только для экономики регионов, но и для окружающей среды и, в первую очередь, за счет внедрения безотходного производства и переработки отходов.

Ряд проблем, возникающих при создании промышленно-производственного комплекса, можно обоснованно купировать. Для этого нужно считать, что ППК представляет собой относительно автономную систему, включающую в себя промышленные, природные, коммунально-бытовые и аграрные объекты, которые должны функционировать, как единое целое на основе обмена веществами, энергией и информацией определённого типа. Контуры промышленно-производственного комплекса определяются сферами воздействия предприятий, входящих в его состав. Эти производственные кластеры превращают местные природные богатства в основу для экономического роста, способствуют их рациональному использованию, сохраняя при этом экологический баланс.

Считается, что главным компонентом, определяющим направление и характер функционирования ППК в целом, является промышленное звено, включающее объекты энергетики. По нашему мнению, именно концентрация производств вокруг энергетического комплекса по генерации электрической и тепловой энергии на местных видах топлива и является ключом в решении проблем создания ППК. Они будут являться важным элементом экономической структуры в районе своего расположения, который включает в себя использование природных ресурсов, развитие промышленности и обеспечение устойчивого роста.

Особо следует подчеркнуть, что важным аспектом при создании ППК является учет экологических проблем и социальной ответственности. Предприятия должны уделять должное внимание решению экологических аспектов на всех этапах своей деятельности, от добычи ресурсов до переработки и утилизации отходов. Использование местных ресурсов и создание рабочих мест не только способствует экономическому развитию регионов, но и позволяет улучшить качество жизни населения [6].

В условиях возрастающей потребности в повышении энергоэффективности промышленных предприятий сравнительно небольшие по мощности теплоэлектростанции (мини-ТЭС) — локальные энергоустановки, работающие по принципу когенерации (совместное производство тепла и электричества), становятся неотъемлемым компонентом устойчивых производственных систем [7].

Мини-ТЭС мощностью 1–10 МВт — оптимальный вариант для локального энергоснабжения. Их ключевой особенностью является использование когенерации, то есть совместное производство тепла и электроэнергии с КПД до 85 %, а также возможность масштабирования и снижение потерь при передаче энергии за счет близости к потребителю. Современные технологии управления и мониторинга позволяют достичь высокого уровня автоматизации, что способствует снижению эксплуатационных расходов и повышению надёжности работы мини-ТЭС. Эти автономные установки дают возможность предприятиям обеспечивать свою энергетическую независимость, снижая затраты и оказывая меньшее воздействие на окружающую среду. Их потенциал особо ярко реализуется в полной мере лишь при интеграции в природно-промышленные комплексы, где энергетика сопряжена с циклическим использованием ресурсов и восстановлением экосистем.

Новые методы получения энергии из торфа, такие как пиролиз и газификация, открывают новые горизонты для минимизации выбросов. Эти технологии позволяют перерабатывать торф в синтетические газы, которые могут использоваться для производства электроэнергии со значительно меньшими выбросами, чем при обычном сжигании.

Несмотря на то, что сжигание торфа приводит к выбросам углекислого газа, в сравнении с ископаемыми видами топлива, такими как уголь и нефть, он считается менее загрязняющим и более экологически чистым. При его сжигании выделяется меньше углекислого газа и других вредных веществ, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Необходимо также упомянуть о том, что существует мнение, согласно которому производство торфа оказывает пагубное воздействие на окружающую среду. В частности, осушение болот приводит к деградации экосистем, нарушению водного баланса и исчезновению ценных природных биотопов. Обезвоженный торф, окисляясь, выделяет углекислый газ, что способствует изменению климата. Кроме того, торфяники якобы подвержены самовозгоранию, что может привести к масштабным лесным и торфяным пожарам. Все это можно свести к минимуму за счет использования новых технологий производства торфа, системы мониторинга и рекультивации выработанных технологических торфяных площадей.

Рекультивация природных комплексов может подразумевать высадку зелёных насаждений, регенерацию гидрологических систем и формирование буферных зон [8]. Постоянный мониторинг и анализ состояния экосистем позволят своевременно вносить необходимые коррективы в уже проведённые мероприятия по восстановлению. В мировом масштабе отмечается интенсивное развитие технологий искусственного заболачивания отработанных территорий.

Исходя из разработанной концепции, для решения проблемы создания природно-промышленных комплексов в одном из депрессивных районов

Тверской области предлагается организовать «Кувшиновский индустриальный парк» (КИП) — это проект по привлечению передовых научных и производственных технологий с целью улучшения социально-экономического и экологического положения в моногороде Кувшиново и на прилегающих территориях.

При выборе места для размещения ППК был проведен детальный анализ доступных природных ресурсов региона. При этом было акцентировано внимание на то, чтобы освоение месторождений полезных ископаемых производилось с минимальным воздействием на окружающую среду. При выборе устойчивых методов по ведению сельского хозяйства на близлежащих территориях особое внимание было уделено органическому земледелию. Кроме того, отдельно рассматривался вопрос по управлению лесными богатствами для заготовки ограниченного количества древесины и других лесных продуктов (ягод-дикоросов, грибов, орехов, трав и пр.).

При проектировании и реализации проекта создания ППК в обязательном порядке были учтены принципы экологической устойчивости и социальной ответственности.

Существуют современные технологии, которые направлены на снижение негативного воздействия производства торфа на природу. К наиболее перспективным экологически безопасным методам можно отнести системы оптимального осушения и безотходные технологии малотоннажного производства торфа на локальных участках с последующим восстановлением природного ландшафта и биоразнообразия.

Разработанная нами безотходная технология производства фрезерного торфа предусматривают комплексное использование всех извлекаемых компонентов торфяной залежи — сам торф и погребенные в ней древесные остатки болотных растений-торфообразователей [9]. Это позволяет снизить количество отходов и уменьшить нагрузку на окружающую среду. В будущем

экологически безопасные технологии производства торфа должны стать нормой, обеспечивая баланс между потребностями экономики и сохранением природы.

В рамках предлагаемой к реализации концепции энергетической независимости для предприятий ППК в г. Кувшиново предполагается создание на территории КИП производственной зоны и строительство объектов инженерно-технической, транспортной и логистической инфраструктуры — универсальной площадки. Как было отмечено, ядром ППК КИП будет являться автономный источник энергии — мини-ТЭС мощностью в 2 МВт электрической и 8 МВт тепловой энергии на местных биоресурсах (торфе, отходах лесопереработки и сельского хозяйства), которые поставляются предприятиям-резидентам, входящим также в состав КИП (рис.).

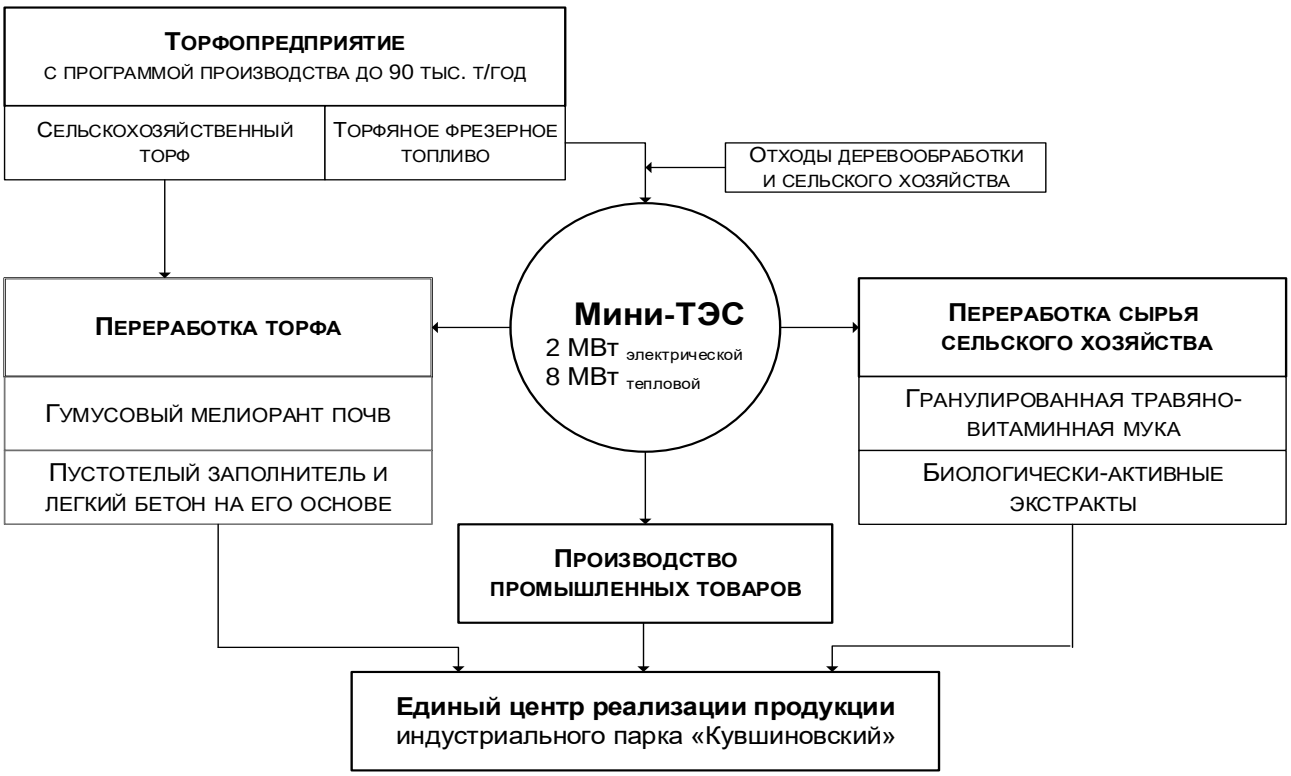


Рис. Взаимодействие предприятий, входящих в природно-промышленный комплекс «Кувшиновский индустриальный парк»

Комплекс объединяет производство торфа различного качества модернизированным методом, мини-ТЭС на торфяном фрезерном торфе. Использование торфа, как условно возобновляемого источника энергии, снижает зависимость от ископаемых топлив и уменьшает углекислый след. Получаемая энергия и сырье поступают на производство различной продукции на торфяной основе, а также другие предприятия ППК, имеющие системы утилизации отходов, что способствует циркулярной экономике [10].

На предприятиях ППК КИП предусматривается внедрение энергосберегающих технологий на всех уровнях производственной деятельности, которые будут способствовать снижению энергопотребления. Это станет возможным за счет оптимизации технологических процессов и применения высокоэффективных материалов.

Таким образом, ППК КИП включает в себя совокупность природных ресурсов и промышленной деятельности, основанной на их использовании, а также социально-экономическую инфраструктуру (транспорт, связь, образование и здравоохранение). Он включает в себя такие отрасли, как добыча и обработка полезных ископаемых, сельское хозяйство, переработка природных ресурсов и производство промышленных товаров и услуг.

Производственный кластер включает в себя ряд предприятий, связанных энергетическими и ресурсными потоками. Производственные мощности включают добычу и переработку природных ресурсов (торфа, древесины, полезных ископаемых) и используют замкнутые циклы производства для снижения отходов. К ним, в первую очередь, относятся участок по производству торфяного сырья и топлива, цеха по переработке торфа и древесины, а также теплицы, использующие тепло станции для сушки и обогрева.

Все предприятия будут образовывать единый комплекс объектов недвижимости, имеющих единую инженерную инфраструктуру, необходимую для организации производственного процесса. Для координации деятельности

участников ППК предлагается создать единую управляющую компанию. Управляющая компания будет являться единым оператором этого комплекса объектов недвижимости КИП и оказывать регламентированные услуги входящим в него предприятиям. В ее задачу будет также входить установление партнерств с другими предприятиями для создания цепочек поставок, разработка стратегий по продвижению продуктов на внутреннем и внешнем рынках.

Основным экономическим преимуществом для предприятий, входящих в КПП, является снижение затрат на энергию на 30–50 % за счёт использования местного сырья, а экологическим — минимизация отходов: зола, шламы и даже дренажные воды включаются в производственные цепочки смежных предприятий, а современные фильтры улавливают выбросы.

Для формирования такого комплекса требуется оценка запасов близлежащих месторождений торфа, его энергетической ценности и химического состав для последующей переработки, а также других запасов природных ресурсов в регионе.

В Тверской области накоплен многолетний опыт по производству и переработке торфа. Рядом с г. Кувшиново находятся два торфяных месторождения общей площадью 1250 га и балансовыми запасами 5 млн т.

Как отмечалось, устойчивое использование торфа возможно только при гармоничном сочетании экономических, экологических и социальных интересов. Производство торфа планируется осуществлять модернизированным фрезерным методом в соответствии с технологической схемой, предусматривающей раздельную уборку торфа из укрупнённых валков с использованием современных комплектов технологического оборудования российского производства. Это позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду.

Как показывает практика создания ППК, чтобы достичь успеха, нужно не только использовать передовые технологии, но и изменить подход к работе.

Необходимо отказаться от линейной модели «добыча — производство — отходы» и перейти к циркулярной экономике, где каждый ресурс получает новую жизнь. Для эффективной работы ППК потребуется создать развитую инфраструктуру: дороги для транспортировки торфа, склады для хранения, а также системы распределения электроэнергии и тепла.

Создание и деятельность ППК «Кувшиновский индустриальный парк» значительно улучшит социально-экономическое положение г. Кувшиново. Диверсификация производства, создание более 400 рабочих мест повысит качество жизни населения, даст импульс устойчивому экономическому развитию всего Кувшиновского района, а также окажет благотворное воздействие на экологическую обстановку, создавая надёжную и благоприятную среду для будущих поколений.

В г. Кувшиново будет открыт головной офис единого оператора ППК КИП и сформирована информационная база вакансий и резюме для дальнейшего трудоустройства граждан города в компаниях-резидентах. Для привлекаемых из других регионов специалистов для работы на предприятиях ППК КИП предусматривается строительство отдельного жилья и социальных объектов.

Многие технологические риски будут минимизированы благодаря реализации пилотных проектов, повышению квалификации персонала и активному взаимодействию с научными центрами. Привлечение научных учреждений к разработке новых технологий переработки торфа и его использования позволит повысить эффективность производственных процессов и будет способствовать внедрению инноваций.

В завершение представленного исследования следует подчеркнуть ключевые тезисы и рекомендации.

Создание природно-промышленных комплексов с автономной энергетикой — не просто очередное модное направление деятельности, а необходимость для регионов, стремящихся к устойчивому развитию. Успех

реализации предложенной инициативы будет находиться в прямой зависимости от слаженности действий представителей власти, бизнеса и научного сообщества, однако он многократно окупится в будущем за счёт обеспечения населения независимой энергией, создания благоприятной экологической обстановки и обеспечения дальнейшего процветания региона.

В условиях поддержания устойчивого развития такие проекты становятся все более актуальными и необходимыми для формирования будущего, основанного на принципах экологической ответственности и технологических инноваций. Внедрение передовых технологий, применение возобновляемых источников энергии и соблюдение принципов социальной ответственности позволят создать гармоничную и результативную систему, которая будет способствовать развитию как предпринимательской сферы, так и общества в целом, сокращая углеродный след и укрепляя локальную экономику.

Торф является ценным природным ресурсом, который может использоваться в качестве альтернативного источника энергии, удобрения и сырья для производства различных товаров. В мировом масштабе наблюдается увеличение спроса на торф в контексте органического земледелия, а также отмечается интенсивное развитие технологий искусственного заболачивания отработанных территорий.

Торф, как возобновляемый и широко распространенный ресурс, обладает уникальными свойствами и может использоваться в различных отраслях, что делает его важным элементом в формировании энергонезависимых систем. В основу предлагаемых инновационных решений производства торфа положен принцип соблюдении экологической ответственности и внедрения локальных технологий, позволяющих свести к минимуму возможный вред для окружающей среды, что позволяет не только обеспечивать экономические потребности, но и сохранять уникальные экосистемы для будущих поколений.

ППК с мини-ТЭС на торфяном топливе — перспективное решение для регионов с ограниченным доступом к традиционным энергоносителям. Преимущества, которыми обладают эти станции, такие как доступность, гибкость и потенциал для экономического развития, делают их весьма привлекательными для использования на территориях, где есть достаточное количество запасов местных биогенных ресурсов. Грамотный подход к проектированию и эксплуатации подобных станций может существенно повысить их полезность для общества и окружающей среды.

Формирование природно-промышленного комплекса с интегрированным торфяным производством должен стать мощным катализатором экономического развития региона. Запуск новых производственных мощностей может привести к увеличению налоговых поступлений в местный бюджет. Развитие новых отраслей, связанных с производством и переработкой торфа, будет способствовать снижению зависимости от традиционных секторов экономики в сельской местности.

Внедрение более совершенных технологий производства торфа, направленных на минимизацию выбросов и отходов, является важным шагом к устойчивому использованию этого природного ресурса. Современные методы производства не только способствуют снижению негативного воздействия на окружающую среду, но и открывают новые возможности для эффективного и ответственного использования торфа, в особенности, на предприятиях природно-промышленных комплексов.

Таким образом, создание природно-промышленного комплекса с автономным энергетическим центром на местных природных ресурсах представляет собой стратегический подход к развитию депрессивных районов, который сочетает в себе экономическую эффективность, энергетическую автономность и экологическую ответственность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карсунцева О.В., Буркина Т.А. Промышленный комплекс в контексте обеспечения экономической безопасности региона // Вестник Евразийской науки, 2020 №5. URL: ttps://esj.today/PDF/08ECVN520.pdf (дата обращения: 20.03.2025 г.).
2. Геоэкологический анализ состояния природно-социально-производственных систем / А.А. Ямашкин, А.В. Кирюшин, А.К. Коваленко и др.; науч. ред. и сост. А.А. Ямашкин. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. 260 с.
3. Ходжамбердиев Д.Б., Реджепов К.С., Бегалиев Г.К. Энергонезависимость предприятий: ключ к безопасности и экономии в производстве // Вестник науки №3 (72) том 1. С. 173–176. 2024 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: URL: https://www.вестник-науки.рф/article/13175 (дата обращения: 20.03.2025 г.)
4. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // ГИАБ. 2017. №5. С. 105–117.
5. Алпеева Е.А., Гончаров М.С. Торфяная промышленность Российской Федерации: проблемы и перспективы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. С. 121–130.
6. Пилипенко И.В. Кластеры и территориально-производственные комплексы в региональном развитии // Региональное развитие и региональная политика России в переходный период / Под общ. ред. С.С. Артоболевского, О.Б. Глезер. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. С. 191–208.
7. Гамаюнов С.Н. Перспективные технологии распределенной энергетики в агробизнесе: монография. Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2011. 160 с.
8. Макаренко Г.Л. О развитии концепции по выбору приоритетных направлений рационального использования выработанных торфяных месторождений // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 9. С. 147–149.
9. Жигульская А.И., Беляков В.А. Технология использования древесины, полученной при глубоком сплошном фрезеровании торфяной залежи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 2. С. 33–35.
10. Мочалова Л.А., Соколова О.Г., Подкорытов В.Н., Еремеева О.С. Организация циркулярного промышленного кластера в условиях минерально-сырьевого комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 11-1. С. 374–387. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_374.

Поступила в редакцию: 27.03.2025

Сведения об авторах

Гамаюнов Сергей Николаевич
доктор технических наук, профессор кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22, Россия. E-mail: sng61@mail.ru

Жигульская Александра Ивановна
кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22, Россиия. Email: 9051963@gmail.com

Зюзин Борис Федорович
лауреат Премии правительства Российской Федерации в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22, Россия. E-mail: zbfru@yandex.ru

Копенкина Любовь Владимировна
кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22, Россия. Email: lvkopenkina@mail.ru

S.N. Gamayunov, A.I. Zhigulskaya, B.F. Zyuzin, L.V. Kopenkina

CREATION OF A NATURAL AND INDUSTRIAL COMPLEX WITH AN AUTONOMOUS ENERGY CENTER BASED ON LOCAL NATURAL RESOURCES

Annotation. To ensure the sustainable development of depressed regions, natural-industrial complexes formed around their own energy core – a mini-thermal power plant running on peat fuel and other local bio-resources – are acquiring particular significance. A project for the creation of a natural-industrial complex in the Tver region, which possesses rich reserves and traditions of production, processing, and use of peat, is proposed for consideration. Within the framework of the project, it is planned to create new local structures for electricity supply and heat supply in the territory of advanced development in the city of Kuvshinovo for innovative enterprises of the industrial park. The complex, uniting natural resources, industrial enterprises, and renewable energy sources, will ensure efficient production with minimal impact on the environment.
Keywords: biogenic resources, industrial park, innovative solutions, mini-thermal power plant, natural-industrial complex, peat, environmental safety, energy independence.

For citation: Gamayunov S.N., Zhigulskaya A.I., Zyuzin B.F., Kopenkina L.V. [Creation of a natural and industrial complex with an autonomous energy center based on local natural resources] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2026, vol. 9, issue 1, pp. 69–85. DOI: 10.35634/UdSU.2026.43.79.005. (In Russ.).

REFERENCES

1. Karsuntseva O.V., Burkina T.A. Promyshlennyi kompleks v kontekste obespecheniya ekonomicheskoi bezopasnosti regiona [The industrial complex in the context of ensuring the economic security of the region]. *Vestnik Evraziiskoi nauki*, [*Bulletin of Eurasian Science*], 2020, no. 5. Available at: ttps://esj.today/PDF/08ECVN520.pdf (accessed: 20.03.2025). (In Russ.).
2. *Geoekologicheskii analiz sostoyaniya prirodno-sotsial'no-proizvodstvennykh system* [Geoecological analysis of the state of natural, socio-industrial systems]. In Yamashkin A.A., Kiryushin A.V., Kovalenko A.K. (ed); nauch. red. i sost. A.A. Yamashkin. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2004, 260 p. (In Russ.).
3. Khodzhamberdiev D.B., Redzhepov K.S., Begaliev G.K. Energonezavisimost' predpriyatii: klyuch k bezopasnosti i ekonomii v proizvodstve [Energy independence of enterprises: the key to safety and economy in production]. *Vestnik nauki* [*Bulletin of Science*]. 2024, no. 3 (72), vol. 1, pp. 173–176. ISSN 2712-8849. Available at:: https://www.vestnik-nauki.rf/article/13175 (accessed: 20.03.2025). (In Russ.).

4. Panov V.V., Misnikov O.S., Kuporova A.V. Problemy i perspektivy razvitiya torfyanogo proizvodstva v Rossiiskoi Federatsii [Problems and prospects of peat production development in the Russian Federation]. *GIAB*. 2017, no. 5, pp. 105–117. (In Russ.).
5. Alpeeva E.A., Goncharov M.S. Torfyanaya promyshlennost' Rossiiskoi Federatsii: problemy i perspektivy [Peat industry of the Russian Federation: problems and prospects]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [*Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]*. 2021, pp. 121 – 130. (In Russ.).
6. Pilipenko I.V. Klastery i territorial'no-proizvodstvennye kompleksy v regional'nom razvitii. [Clusters and territorial production complexes in regional development]. *Regional'noe razvitie i regional'naya politika Rossii v perekhodnyi period* [*Regional development and regional policy of Russia during the transition period*]. In Artobolevsky S.S., Glezer O.B. (ed). Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2011, pp. 191 – 208. (In Russ.).
7. Gamayunov S.N. *Perspektivnye tekhnologii raspredelennoi energetiki v agrobiznese: monografiya* [Promising technologies of distributed energy in agribusiness: monograph.]. Tver: LLC "Publ., "Triada", 2011, 160 p. (In Russ.).
8. Makarenko G.L. O razvitii kontseptsii po vyboru prioritetnykh napravlenii ratsional'nogo ispol'zovaniya vyrabotannykh torfyanykh mestorozhdenii [On the development of the concept for the selection of priority areas for the rational use of depleted peat deposits]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [*Modern science-intensive technologies*]. 2010, no. 9, pp. 147 – 149. (In Russ.).
9. Zhigul'skaya A.I., Belyakov V.A. Tekhnologiya ispol'zovaniya drevesiny, poluchennoi pri glubokom sploshnom frezerovanii torfyanoi zalezhi [Technology of using wood obtained by deep continuous milling of peat deposits]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [*Mining information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*]. 2014, no. 2, pp. 33–35. (In Russ.).
10. Mochalova L.A., Sokolova O.G., Podkorytov V.N., Eremeeva O.S. Organizatsiya tsirkulyarnogo promyshlennogo klastera v usloviyakh mineral'no-syr'evogo kompleksa [Organization of a circular industrial cluster in the conditions of a mineral resource complex]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [*Mining information and analytical bulletin*]. 2021, no. 11-1, pp. 374–387. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_374. (In Russ.).

Received: 27.03.2025

About the Authors

Gamayunov Sergey Nikolaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technological Machinery and Equipment, Tver State Technical University, nab. Afanasia Nikitina, 22, 170026, Tver, Russia.
E-mail: sng61@mail.ru

Zhigulskaya Alexandra Ivanovna
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Machinery and Equipment, Tver State Technical University, nab. Afanasia Nikitina, 22, 170026, Tver, Russia. Email: 9051963@gmail.com

Zyuzin Boris Fedorovich
Laureate of the Prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technological Machinery and Equipment, Tver State Technical University, nab. Afanasia Nikitina, 22, 170026, Tver, Russia. E-mail: zbfru@yandex.ru

Kopenkina Lyubov Vladimirovna
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Machinery and Equipment, Tver State Technical University, nab. Afanasia Nikitina, 22, 170026, Tver, Russia. Email: lvkopenkina@mail.ru