

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра экономической теории
и национальной экономики

**Развитие экономики замкнутого цикла в России на примере проекта по
вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентов 2 курса 271 группы
направления 38.04.01 Экономика
профиль «Экономика инновационного развития»
экономического факультета

Бисенгалиева Тимура Руслановича
Бегиджаняна Романа Артуровича

Научный руководитель

к.э.н., доцент _____ Е.В.Коротковская

Зав. кафедрой

к.э.н., доцент _____ Е.В.Огурцова

Саратов 2025

Введение

Современное состояние промышленного производства сопровождается увеличением объемов отходов, что обостряет экологические и экономические проблемы. Одним из наиболее массовых и экологически значимых побочных продуктов химической промышленности является фосфогипс — отход, образующийся при производстве фосфорной кислоты. Миллионы тонн фосфогипса ежегодно накапливаются на территории предприятий, занимая значительные площади и нанося потенциальный ущерб окружающей среде.

Актуальность работы заключается в необходимости решения экологических и экономических проблем, связанных с накоплением фосфогипса, путем его переработки в строительные материалы. Разработанный бизнес-план позволяет снизить техногенную нагрузку на окружающую среду, сократить затраты на сырьё за счёт использования вторичного ресурса и создать конкурентоспособную продукцию, что соответствует принципам устойчивого развития и экономики замкнутого цикла.

Объект исследования — проект базирующийся на технологии переработки фосфогипса.

Предмет исследования — экономические отношения складывающиеся в ходе разработки и реализации проекта по вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот.

Цель исследования — развитие экономики замкнутого цикла в России на примере проекта по вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот.

Задачи исследования:

1. Изучить понятие экономики замкнутого цикла и ее отличия от линейной модели;
2. Изучить международный опыт внедрения экономики замкнутого цикла;
3. Рассмотреть возможности внедрения экономики замкнутого цикла в России;
4. Проанализировать особенности фосфогипса как строительного материала;

5. Оценить перспективы применения фосфогипса в строительстве;
6. Разработать бизнес-план по вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот.

Методы исследования. В ходе работы использовались методы анализа и синтеза научной литературы, сравнительный анализ инновационных технологий и их применения, а также систематизация данных о ключевых направлениях развития экономики замкнутого цикла на примере использования фосфогипса в строительной области. Дополнительно использовались кейс-стади для изучения конкретных примеров внедрения инноваций.

Теоретическая значимость исследования состоит в систематизации данных о свойствах фосфогипса и его влиянии на строительные материалы.

Научная новизна работы заключается в обосновании возможности замены части традиционного сырья фосфогипсом в составе строительного материала и определении экономических и экологических выгод для конечного потребителя и общества в целом.

Практическая значимость заключается в возможности внедрения предложенного состава строительной смеси в промышленное производство, что будет способствовать рациональному использованию отходов и снижению себестоимости продукции.

Структура работы включает введение, три главы, заключение, список литературы. В первой главе рассматривается понятие экономики замкнутого цикла, международный опыт внедрения и возможности внедрения в России. Во второй главе анализируется опыт внедрения фосфогипса как строительного материала. В третьей главе рассматривается бизнес план по вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот.

Основное содержание работы

В первой главе рассматривается понятие экономики замкнутого цикла, ее отличия от линейной модели и международный опыт внедрения. Экономика замкнутого цикла представляет собой современную модель ведения хозяйственной деятельности, направленную на сокращение отходов, повторное использование ресурсов и максимальное продление жизненного цикла продукции. В отличие от традиционной линейной экономики, основанной на принципе «добыча – производство – потребление – утилизация», циклическая экономика предлагает закрытый контур, в котором ресурсы используются многократно, а отходы минимизируются или вовсе превращаются в полезные вторичные материалы.

Концепция экономики замкнутого цикла основывается на трех ключевых принципах: сокращение объемов использования невозобновляемых природных ресурсов, продление срока службы продукции и замещение традиционных отходов ресурсами для дальнейшего производства. Данный подход формирует более устойчивую модель развития экономики, способствующую снижению экологической нагрузки и эффективному использованию природных ресурсов.

На мировом уровне экономика замкнутого цикла становится стратегическим приоритетом для многих стран и международных организаций. Европейский Союз, например, разработал комплексную политику перехода к циклической экономике, включающую программы стимулирования переработки, введение новых стандартов экодизайна и ограничение на использование одноразовых пластиковых изделий. Китай реализует концепцию «экологической цивилизации», где одной из главных задач является минимизация отходов производства и увеличение доли переработанных материалов. В США ведущие корпорации внедряют модели «zero waste», стремясь к полной ликвидации отходов путем их вторичного использования.

Несмотря на очевидные преимущества, переход к экономике замкнутого цикла сопряжен с рядом вызовов. К ним относятся высокие затраты на

модернизацию производства, сопротивление традиционных отраслей, зависимость от природных ресурсов, а также необходимость изменения потребительских привычек. Однако растущая экологическая осознанность общества, технологический прогресс и поддержка на государственном уровне делают эту модель все более востребованной и перспективной. В долгосрочной перспективе экономика замкнутого цикла способна не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и стать важным драйвером экономического роста, создавая новые рабочие места, повышая инвестиционную привлекательность предприятий и обеспечивая устойчивость экономических систем.

Реализация экономики замкнутого цикла базируется на различных подходах, которые формируются в зависимости от уровня технологического развития, доступных ресурсов и экономических условий. Среди ключевых направлений выделяют ремесленный, индустриальный и цифровой подходы. Каждый из них имеет свои особенности, механизмы внедрения и влияние на хозяйственные процессы, обеспечивая различные пути к минимизации отходов и максимальному использованию ресурсов в экономике.

Ремесленный подход является наиболее традиционным способом реализации принципов циклической экономики, основанным на локальном производстве, ремонте и продлении срока службы товаров. Он широко распространен в развивающихся странах, а также в регионах, где велика доля индивидуального предпринимательства и малых производств.

Индустриальный подход представляет собой масштабируемый вариант внедрения циклической экономики, основанный на переработке отходов в промышленных масштабах, развитии замкнутых производственных цепочек и создании симбиотических промышленных комплексов. В этом контексте особое значение приобретают технологии переработки материалов, использование вторичного сырья и оптимизация производственных процессов для сокращения потребления природных ресурсов. Классическим примером индустриального подхода являются "промышленные экопарки", в которых предприятия различных отраслей интегрируют свои производственные процессы таким

образом, что отходы одной компании становятся сырьем для другой.

Цифровой подход представляет собой современный и наиболее инновационный способ реализации экономики замкнутого цикла, основанный на применении цифровых технологий для оптимизации потоков материалов, автоматизации процессов переработки и улучшения контроля за жизненным циклом продукции. Основой цифрового подхода являются такие технологии, как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект, блокчейн и цифровые платформы, позволяющие более эффективно управлять ресурсами. Одним из ключевых элементов цифрового подхода является концепция "цифрового двойника", когда для каждого изделия создается виртуальная модель, содержащая данные о его составе, происхождении и возможностях для переработки. Это позволяет отслеживать весь жизненный цикл продукции, обеспечивать ее повторное использование и переработку.

В России развитие экономики замкнутого цикла остается важным, но пока недостаточно реализованным направлением. Несмотря на наличие законодательных инициатив и программ по повышению уровня переработки отходов, значительная часть ресурсов по-прежнему отправляется на полигоны, а доля вторичного использования остается низкой. В последние годы наблюдаются положительные изменения, связанные с реформой обращения с отходами, созданием механизмов расширенной ответственности производителей и формированием нормативной базы для стимулирования переработки.

Развитие экономики замкнутого цикла в России представляет собой стратегически важное направление, способное не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и принести значительные экономические выгоды. В условиях растущего дефицита природных ресурсов и необходимости повышения конкурентоспособности промышленности переход к циклическим моделям становится все более актуальным. Возможности для развития этого направления охватывают широкий спектр областей, включая технологические инновации, совершенствование нормативно-правовой базы, привлечение

инвестиций и повышение экологической осведомленности общества.

Во второй главе рассматривается фосфогипс как материал для использования в строительной сфере. Фосфогипс — это побочный продукт, образующийся в больших объемах при производстве минеральных удобрений, в частности, фосфорной кислоты. Несмотря на то, что изначально он рассматривался исключительно как отход, в последние десятилетия он все активнее позиционируется как вторичный ресурс, обладающий значительным потенциалом для коммерческого использования.

Для предприятий химической промышленности переработка и реализация фосфогипса представляет собой эффективное решение сразу нескольких задач. Во-первых, это позволяет существенно сократить затраты на утилизацию и хранение отходов, что особенно актуально в условиях ужесточающихся экологических требований и роста расходов на природоохранные мероприятия. Во-вторых, реализация переработанного фосфогипса как сырья для других отраслей (строительство, сельское хозяйство, дорожная инфраструктура) позволяет предприятиям получить дополнительный доход, тем самым повышая общую экономическую эффективность производства.

Мировой опыт применения фосфогипса в дорожном строительстве показывает, что этот побочный продукт химической промышленности может быть успешно использован в качестве компонента для стабилизации грунтов, производства вяжущих материалов и модификации асфальтобетонных покрытий. В различных странах реализуются проекты, направленные на переработку фосфогипса и его интеграцию в транспортную инфраструктуру, что позволяет не только снизить затраты на строительство дорог, но и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Использование фосфогипса в дорожной отрасли в России остается актуальной задачей в рамках концепции экономики замкнутого цикла. В стране накоплены значительные объемы фосфогипса, образующегося в процессе производства фосфорных удобрений, и поиск эффективных методов его переработки является важной целью как с экологической, так и с экономической

точки зрения. Несмотря на определенные ограничения, в России уже реализуются или находятся в стадии разработки проекты, направленные на использование фосфогипса в дорожном строительстве.

На федеральном уровне рассматриваются инициативы по стимулированию переработки фосфогипса, в том числе через механизмы государственной поддержки и включение этого материала в перечень вторичных ресурсов, разрешенных для использования в дорожной отрасли. В перспективе возможны пилотные проекты в рамках национальных программ по развитию инфраструктуры, в которых фосфогипс будет использоваться в качестве альтернативного строительного материала.

Одним из ключевых преимуществ фосфогипса является его доступность и низкая стоимость. В России накоплены миллионы тонн этого материала, который образуется в результате производства фосфорных удобрений. Использование фосфогипса в строительстве позволяет снизить затраты на приобретение природных ресурсов, таких как песок и щебень, а также уменьшить объемы отходов, подлежащих захоронению. Это, в свою очередь, снижает нагрузку на полигоны промышленных отходов и способствует решению экологических проблем, связанных с хранением фосфогипса.

Производство строительных материалов на основе фосфогипса является перспективным направлением в развитии экономики замкнутого цикла, позволяющим сократить объемы промышленных отходов и снизить зависимость от традиционных природных ресурсов. Фосфогипс, образующийся как побочный продукт производства фосфорной кислоты, обладает рядом физических и химических свойств, которые делают его пригодным для применения в строительной отрасли. Несмотря на определенные технологические и экологические вызовы, переработка фосфогипса может стать экономически эффективным решением для производства вяжущих материалов, строительных смесей и конструкционных изделий.

Одним из наиболее распространенных направлений использования фосфогипса в строительстве является производство гипсовых вяжущих

материалов. Фосфогипс, после соответствующей обработки, может применяться в качестве основы для производства строительного гипса, который используется при изготовлении сухих строительных смесей, гипсокартонных листов, гипсовых плит и блоков. В отличие от природного гипса, фосфогипс требует дополнительной подготовки, включающей сушку, кальцинацию и нейтрализацию остаточных примесей. В странах с развитыми технологиями переработки фосфогипс используется в качестве заменителя природного гипса, что позволяет снизить нагрузку на природные месторождения.

Успешные кейсы внедрения фосфогипса в различных странах показывают, что его переработка и повторное использование возможны при наличии благоприятных условий, таких как развитая нормативная база, государственные стимулы и готовность бизнеса инвестировать в инновационные технологии. Внедрение лучших мировых практик в России могло бы способствовать решению экологических проблем, связанных с накоплением фосфогипса, и обеспечению ресурсосбережения в строительной и дорожной отраслях.

В третьей главе авторами был разработан бизнес-план по вовлечению фосфогипса в хозяйственный оборот.

Бизнес-план базируется на наработках ученых химического факультета СГУ им. Чернышевского по использованию фосфогипса в качестве материала для дорожного строительства. Проектируемым предприятием будет производиться строительный гипсовый вяжущий материал нового поколения, получаемый путем термохимической обработки фосфогипса. Этот материал позиционируется как альтернатива традиционным вяжущим компонентам (портландцементу, извести, натуральному гипсу), используемым в производстве строительных изделий. Его физико-химические характеристики позволяют расширить сферы применения гипсовых композитов в малоэтажном строительстве, благоустройстве территорий и производстве интерьерных решений.

На базе полученного вяжущего возможно производство следующих видов конечной продукции:

1. Строительный гипсоблок (кирпич) — используется в малоэтажном и вспомогательном строительстве (перегородки, хозяйственные постройки).
2. Тротуарная плитка и элементы мощения — декоративные и функциональные изделия для благоустройства территорий.
3. Литые архитектурные формы — балясины, карнизы, колонны, модули МАФов.
4. Облицовочные панели и декоративные элементы — применение в отделке фасадов и интерьеров.

Технологический процесс получения строительного гипсового вяжущего материала из фосфогипса представляет собой комплексную систему физико-химической переработки техногенного сырья, включающую этапы предварительной подготовки, термохимической модификации и стабилизации конечного продукта. Применяемая технология разрабатывалась с учетом принципов энергоэффективности, минимизации выбросов и повторного использования ресурсов.

Процесс включает в себя следующие ключевые этапы:

1. Прием и предварительная подготовка фосфогипса
2. Термохимическая обработка (обезвоживание)
3. Стабилизация состава и модификация
4. Формование и отверждение
5. Упаковка, хранение и отгрузка

Производственный план проекта основывается на технологических возможностях линии по переработке фосфогипса и целевой производственной мощности — до 7 миллионов условных кирпичей в год, что эквивалентно переработке нескольких десятков тысяч тонн фосфогипсового сырья. Данный объем позволяет занять 0,13% от общего объема рынка кирпича России, что представляется реалистичной и устойчивой целью для нового предприятия на стадии начального выхода на рынок.

Заключение

В условиях глобального истощения природных ресурсов, увеличения промышленных отходов и обострения экологических проблем традиционная линейная экономическая модель становится все менее эффективной. Концепция экономики замкнутого цикла предлагает устойчивую альтернативу, направленную на максимальное использование вторичных ресурсов и продление их жизненного цикла. Одним из ключевых направлений в этой сфере является переработка техногенных отходов, в частности фосфогипса, который из экологической проблемы может превратиться в ценный ресурс.

Международный опыт демонстрирует, что успешный переход к циклической экономике требует комплексного подхода, включающего государственное регулирование, частные инвестиции, технологические инновации и изменение потребительского поведения. Наиболее эффективные стратегии сочетают законодательные меры, экономические стимулы и технологические решения, позволяющие минимизировать отходы и повысить эффективность использования ресурсов. Этот опыт может быть адаптирован для разработки национальных программ, способствующих устойчивому развитию.

Ключевую роль в развитии экономики замкнутого цикла играют экономические стимулы и регуляторные механизмы. Налоговые льготы, обязательства производителей, субсидии и стандарты на использование вторичного сырья доказали свою эффективность в сокращении отходов и стимулировании переработки. Однако для успешной реализации этих мер важно не только вводить жесткие требования, но и создавать благоприятные условия для бизнеса, делая устойчивые практики экономически выгодными.

Переход к циклической экономике открывает для России значительные перспективы, включая повышение эффективности производства, технологическую модернизацию, улучшение экологической ситуации и создание новых рабочих мест. Реализация этих возможностей требует совместных усилий государства, бизнеса и общества, направленных на развитие

инноваций, совершенствование законодательства, расширение перерабатывающей инфраструктуры и популяризацию ответственного потребления.

Фосфогипс, ранее считавшийся отходом, теперь рассматривается как экономически выгодный ресурс. Его переработка выгодна как производителям, сокращающим затраты на хранение и утилизацию, так и потребителям, получающим доступный и функциональный материал. Широкое внедрение технологий его использования способно внести значительный вклад в повышение эффективности производств, устойчивое развитие регионов и формирование ресурсосберегающей экономики.

Решение проблемы утилизации фосфогипса требует скоординированных действий государства, бизнеса и науки. Внедрение технологий замкнутого цикла, разработка региональных программ переработки, совершенствование нормативной базы и введение экономических стимулов способны кардинально изменить ситуацию. Только интеграция фосфогипса в хозяйственный оборот позволит трансформировать его из экологической угрозы в фактор устойчивого развития.

Таким образом, переработка фосфогипса и его применение в строительной отрасли представляют собой не только технически реализуемое решение, но и важный инструмент экономического и экологического развития. Предложенный проект наглядно демонстрирует, как отходы могут стать ценным ресурсом, приносящим пользу бизнесу, обществу и окружающей среде.