

**Наименование проекта:** «Investigation of the energy potential of biomass obtained after the synthesis of organic substances for the purpose of its secondary and full use» (AP09562068, Reg. №0121PK00534, inv. № 0221PK00412)

**Актуальность:**

В настоящее время одной из основных проблем в Республике Казахстан является проблема накопления огромного количества отходов как производства, так и потребления. Это связано тем, что неэффективное управление отходами способствует изменению климата и загрязнению воздуха и напрямую влияет на многие экосистемы и здоровью населения.

Количество производимых отходов тесно связано с моделями потребления и производства. В этой связи, превращение отходов в ресурс - одна из ключевых целей нашей страны. В соответствии с Концепцией РК поставлена задача, что к 2030 году доля переработки отходов должна быть доведена до 40%, к 2050 году – до 50%.

В настоящее время, полигоны производственных предприятий, которые считаются последним средством в иерархии отходов, выделяют очень большое количество метана, мощный парниковый газ, связанный с изменением климата. Метан образуется микроорганизмами, присутствующими на полигонах из биоразлагаемых отходов, таких как пищевые, бумажные и садовые отходы. В зависимости от того, как они построены, полигоны также могут загрязнять почву и воду. Все, что не рециркулируется или не восстанавливается из отходов, представляет собой потерю сырья и других ресурсов на этапах производства, транспортировки и потребления продукта.

Следует также отметить, что около 60% муниципальных отходов, отправляемых на полигоны, являются биоразлагаемыми и в основном состоят из пищевых отходов. Это делает биологическую обработку, такие как компостирование, анаэробное и темное сбраживание, разумными вариантами удаления из этих потоков органических отходов.

В случае комплексной переработки органических отходов в газообразный водород, биогаз-метан и в другие сопутствующие продукты, сами заводы могут стать потребителями своих продукции. Это позволит решить сразу две проблемы: (1) успешно утилизировать органические отходы, (2) увеличить прибыль завода за счет генерирования и реализации высоко rentабельных продуктов как газообразный биоводород, биометан и др. В связи с этим, потоки отходов с высоким содержанием органических веществ (белка, углеводов или сырого жира) необходимо использовать в качестве сырья для производства различных продуктов с высокой добавленной стоимостью, в том числе газообразного биоводорода и биометана.

Исследования в области преобразования микробной биомассы для производства водорода в последние годы продвинулись вперед, но усилия ученых направлены на решение ряда проблем. Ключевые области исследований и разработок включают:

- Повышение скоростей и выходов производства водорода в процессах ферментации с помощью ряда методов, таких как улучшение микробных штаммов, оптимизация реакторной системы и определение источников сырья и методов обработки с наивысшими выходами.
- Разработка систем водородных топливных элементов, которые можно масштабировать до коммерчески значимых размеров при сохранении производительности и эффективности системы, наблюдаемых в лабораторных условиях, и минимизации затрат на компоненты реактора.

Принимая во внимание энергетическую безопасность и глобальную окружающую среду, существует острая необходимость в разработке экологически чистых и возобновляемых источников энергии. С другой стороны, водород является экологически чистым носителем энергии, при сгорании которого единственным побочным продуктом является вода. Анаэробная биоконверсия органических отходов в газообразный водород - привлекательный вариант, который не только стабилизирует отходы и сточные воды, но и создает благоприятный возобновляемый энергоноситель.

В этой связи, актуальным направлением является изучение энергетического потенциала биомассы посредством установления кинетики производства биоводорода в зависимости от характеристик различных субстратов и процессов, и оценить потенциал производства водорода в различных рабочих условиях.

### **Цель:**

Исследование состава и энергетического потенциала биомассы после получения биогаз-водорода из глубоко-переработанных компонентов зерна для дальнейшей выработки различных видов энергоносителей

### **Ожидаемые и достигнутые результаты:**

Согласно календарного плана выполнены все виды работ. Проведены обзор литературы и патентное исследование:

- при изучении энергетического потенциала биомассы, полученной из вторичной продукции, в том числе из послеспиртовой зерновой барды или её смеси с другой углеродсодержащей вторичной продукцией может быть успешно использован способ кислотного гидролиза для получения гидролизата.

- для вторичного и полноценного использования биомассы при производстве энергопродуктов, в том числе биоводорода, наибольший интерес представляет изучение биотехнологического потенциала бактерии *Escherichia coli* дикого типа и их мутантов. Так как, *E. coli* один из самых изученных прокариотических микроорганизмов; грамотрицательная бактерия; факультативный анаэроб; и не образует эндоспор.

Отработаны параметры гидролиза сырья, анаэробной ферментации различными бактериями, получения биогаз-водорода и формирования биомассы. С целью проработки механизма выделения биоводорода и формирования биомассы были изучены состав и концентрации сырья и продуктов гидролиза, анаэробного сбраживания на основе анализа следующих данных: влажности сырья; общего количественного содержания сахаров в нативном сырье; органические кислоты до и после гидролиза, в начале и конце выхода биоводорода; количественное содержание сахаров на ВЭЖХ до и после гидролиза, а также в начале и конце выхода биоводорода; окислительно-восстановительный потенциал субстрата при микробной ферментации; кислотность субстрата (подтверждено протоколами испытаний).

Проведены математическое планирование и оценка воспроизводимости экспериментов по результатам предварительного анализа процесса гидролиза после спиртовой зерновой барды и/или ее смеси с другой углеродсодержащей вторичной продукции. Адекватность расчетных и экспериментальных данных подтвердился высоким значением коэффициента детерминации. Согласно полученным данным, рациональный выход моносахаридов (глюкоза и фруктоза) и орг. кислот достигается при содержании в субстратах: из барды 10% при обработке 1,5%-й кислотой; из пивной дробины 4% при обработке 1,5%-й кислотой; из мелассы 10% при обработке 0,75%-й кислотой (подтверждено протоколами испытаний).

На основании вышеизложенных результатов экспериментальных исследований можно констатировать, что полученные данные имеют важное значение для использования отходов агропромышленного комплекса для получения биомассы и биоэнергетики. Было показано, что смесь послеспиртовой зерновой барды, пивной дробины и сахарной мелассы увеличивала кумулятивную продукцию  $H_2$  в ~ 2,7 раза у множественных мутантных штаммов. Более того, скорость продукции  $H_2$  была увеличена в мутантном штамме ~ 1,3 раза в анализах послеспиртовой зерновой барды. Кроме того, производство  $H_2$  было увеличено в смеси отходов по сравнению с одиночными. Соответствующая смесь источников углерода, регулирование внешних параметров, генетические манипуляции важны для продления и улучшения технологии производства  $H_2$ .

- Подготовлены и успешно защищены выпускные квалификационные работы обучающихся (составлены протокола ГАК):

1) Сұлтанбек С. - магистерская диссертация: «Биосутек өндіруде қант өндірісінің қалдығы – меласса гидролизінің параметрлерін негіздеу»;

2) Сагандыкова А. - дипломная работа бакалавра: «Сыра өндірісінің қалдығы сыра бытырасынан биосутегі алу параметрлерін негіздеу».

#### **Члены исследовательской группы:**

Бекбаев Кайрат Серикжанович - руководитель проекта, кандидат технических наук, **автор ID в Scopus: 57216826792**, <https://orcid.org/0000-0001-9591-0370>

Төлеуғазықызы Ақерке – ведущий научный сотрудник проекта, PhD докторант по специальности 6D072800 - «Технология перерабатывающих производств», **автор ID в Scopus:57216832008**, <https://orcid.org/0000-0002-2061-1699>

Әкім Мая Қайратқызы - младший научный сотрудник проекта, магистрант по образовательной программе «Технология пищевых продуктов»

**Список публикаций, опубликованные в рамках данного проекта: (со ссылками на них):**

#### **Опубликовано:**

- Bekbayev K., Toleugazykyzy A. Study of biomass formation during bioconversion of lignocellulose waste of production // XXV International Multidisciplinary Conference “Recent Scientific Investigation”. Proceedings of the Conference Primedia E-launch LLC, Shawnee, USA. October, 2021., P.22-25. <https://www.internauka.org/authors/bekbayev-kairat>

#### **Подано в журнал Scopus (процентиль – 64):**

- Bekbayev K., Mirzoyan S., Toleugazykyzy A, Tlevlessova D., Vassilian A., Poladyan A.; Trchounian K. Optimized growth and hydrogen production by *Escherichia coli* during utilization of sole and mixture of sugarcane, alcohol and beer production wastes // Journal Biomass Conversion and Biorefinery.

#### **Принято в журнал, входящий в базу КОКСОН и Scopus (процентиль менее - 35):**

- Toleugazykyzy A., Tlevlessova D., Samadun A., Bekbayeva R. Characteristics of the formation of biomass during the hydrolysis of lignocellulosic waste during the production of biohydrogen: the effect of various concentrations of the substrate and dilute acid on the yield of sugars // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials.

- Bekbayev K., Akim M, Nabiyeva Zh. Biohydrogen production based on dark fermentation of molasses using *Escherichia coli* // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials.

**Информация для потенциальных пользователей:**

Приглашаем к деловому сотрудничеству:

- производственные предприятия пищевой и перерабатывающей отрасли для проведения мониторинга и исследований по рециркуляции органических отходов производства и потребления;

- коллективы ученых, занимающихся разработкой и совершенствованием водородных топливных элементов для совместного изучения потенциала газообразного биоводорода, полученного из различных органических отходов производства и потребления.