

*Орлов В.В.*

*аспирант*

*Ожимкова Е.В., к.х.н.*

*доцент кафедры «Биотехнологии, химии и стандартизации»*

*Тверской государственный технический университет,*

*Российская Федерация, г.Тверь*

## **ПОЛУЧЕНИЕ БИОЭТАНОЛА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗ ШРОТА СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР**

*Аннотация: Огромный потенциал возобновляемой биомассы – одно из основных преимуществ России для успешного развития биоэнергетики. На сегодняшний день для производства биоэтанола целесообразно в качестве исходного сырья использовать непищевое сырье или отходы переработки пищевого сырья, в том числе – семян бобовых культур. В представленной работе изучено получение биоэтанола второго поколения с использованием шрота семян бобовых культур, который остается после извлечения из них белковых комплексов и крахмалов.*

*Ключевые слова: ресурсосбережение, переработка, биоэтанол, лигноцеллюлоза, бобовые культуры.*

*Orlov V.V.*

*postgraduate student*

*Ozhimkova E.V., Ph.D.*

*Associate Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and*

*Standardization*

*Tver State Technical University*

## **PRODUCTION OF SECOND-GENERATION BIOETHANOL FROM LEGUME SEED MEAL**

*Abstract: The huge potential of renewable biomass is one of the main advantages of Russia for the successful development of bioenergy. To date, it is advisable to use non-food raw materials or waste from the processing of food raw materials, including legume seeds, as feedstock for the production of bioethanol. In the present work, the production of second-generation bioethanol using legume seed meal, which remains after the extraction of protein complexes and starches from them, is studied.*

*Keywords: resource conservation, processing, bioethanol, lignocellulose, legumes.*

Процесс предварительной обработки является ключевым технологическим этапом биоконверсии лигноцеллюлозы в биотопливо. На сегодняшний день наиболее распространенными методами предобработки лигноцеллюлозного сырья для производства этанола является измельчение, обработка паром, разрушение лигноцеллюлозы аммиаком, обработка сырья с применением сверхкритического углекислого газа, щелочной гидролиз, предварительная обработка горячей водой, органосольвентные процессы, влажное окисление, озонлиз, гидролиз разбавленными и концентрированными кислотами [1]. Основными недостатками указанных методов предварительной обработки являются большой расход энергоресурсов, дорогостоящих и довольно агрессивных реагентов, что в свою очередь приводит к формированию в реакционной среде различных типов ингибиторов, таких как карбоновые кислоты, фураны и фенольные соединения. Эти вещества подавляют рост микроорганизмов – продуцентов этилового спирта, результатом чего может стать снижение выхода целевого продукта [1-4].

Биоконверсия лигноцеллюлозной биомассы в биоэтанол является приоритетной областью научных исследований. Лигноцеллюлозный этанол производится из недорогого и широкодоступного сырья, которое может снизить зависимость от ископаемого топлива. Использование

биоэтанола в качестве топлива способствует снижению загрязнений окружающей среды, поскольку выбросы  $\text{CO}_2$  при сжигании биоэтанола равны объему  $\text{CO}_2$ , которое растения поглощают из атмосферы во время фотосинтеза. Этанол в качестве биотоплива позволяет снизить в бензине содержание ароматических углеводородов, повысить октановое число. Кроме того, развитие биотопливной промышленности в мире становится экономически выгодным при растущих мировых ценах на углеводородное сырье [2].

Основные варианты применения биоэтанола в качестве топлива:

- как добавка к бензину от 5 до 15% для использования в обыкновенных бензиновых двигателях.
- в виде смесей с содержанием этанола до 85% для использования в автомобилях с двигателями с универсальным потреблением топлива.
- для синтеза этилтретбутилового эфира - высокооктанового компонента бензина [1,3].

По мнению ряда ученых [1-4], среди всех видов биотоплив наибольший потенциал имеет биоэтанол. Перспективность использования его как экологически чистого топлива, а также как сырья для химической промышленности, способствовала резкому увеличению в ряде стран финансовых затрат на соответствующие программы. Уже более половины этанола, производимого в мире, используется в качестве добавки к топливу (бензину) для двигателей внутреннего сгорания и лишь около 15% - для производства спиртных напитков. В настоящее время производство биоэтанола является наиболее динамично развивающимся сектором биотопливной отрасли.

Согласно оценкам экспертов, к 2030 году выпуск биотоплива в мире составит 150 млн т при ежегодном приросте производства 7-9%. При этом преимущество будет иметь биоэтанол, т.к. себестоимость его производства снижается быстрее, чем себестоимость производства биодизеля [1]. Для производства целлюлозного этанола, который является одним из наиболее

многообещающих источников «чистой и дешевой энергии», возможно, в принципе, использовать самое разнообразное сырье (например, жмыхи, солому, шелуху и т.д.), что в свою очередь позволяет избежать дилеммы «топливо против пищи», которая являлась серьезной проблемой при производстве биоэтанола первого поколения из пищевого сырья.

Были проведены эксперименты по получению биоэтанола, в которых использовалось дополнительное осахаривание (нагрев и выдерживание реакционной среды) лигноцеллюлозного сырья и эксперименты без указанной стадии.

В представленной работе для получения биоэтанола использован шрот семян бобовых, который остался после ультразвуковой экстракции белковых комплексов и крахмалов. После обработки ультразвуком в растительной биомассе, остающейся после извлечения целевых компонентов, появляются четко выраженные изменения в структуре биоматериала, что и позволяет использовать данные растительные отходы для получения биотоплив. При получении биоэтанола с дополнительной стадией осахаривания можно отметить, что через 4 ч осахаривания (для шрота зеленого гороха) и через 6 ч (для шрота желтого гороха) происходит увеличение концентрации редуцирующих веществ, а затем до происходит их накопление в среде до 18 (для шрота зеленого гороха) и 20 ч (для шрота желтого гороха). Максимальная концентрация редуцирующих веществ была отмечена в экспериментах со шротом зеленого гороха в среде с исходной концентрацией субстрата 80 г/л. При выполнении экспериментов с использованием стадии осахаривания удалось получить бражку с содержанием этанола  $1,8 \pm 0,05$  об %.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00336.*

**Использованные источники:**

1. An update on sulfite pretreatment of lignocellulosic biomass for effective production of cellulose ethanol / X. Pan [etc] // Proceeding of the 16 ISWFPC. Tianjin – 2011 – P. 968-972.
2. A critical review of the effects of pretreatment methods on the exergetic aspects of lignocellulosic biofuels / S. Soltaniana [etc] // Energy Conversion and Management – 2020. - Vol.212. – P.112792.
3. Lignocellulose: A sustainable material to produce value-added products with a zero waste approach. A review / A. Arevalo-Gallegosa [etc] // International Journal of Biological Macromolecules – 2017. - Vol. 99. - P. 308-318.
4. Lignocellulosic biomass for bioethanol: Recent advances, technology trends, and barriers to industrial development. Review article / T.Su [etc] // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry - 2020- Vol. 24 - P. 56-60.