

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ
ТЕМПЕРАТУР РАН**

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

**МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ И XII МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

(24–25 ноября 2020 года, Москва)



*Проведение Конференции и Школы,
издание материалов поддержано*



*Российским фондом
фундаментальных
исследований
(проект № 20-08-22064)*



**Москва
«Наука»
2020**

УДК 620
ББК 31.15
В64

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Добролюбов С.А. – председатель, МГУ имени М.В. Ломоносова,
Рафикова Ю.Ю. – зам. председателя, МГУ имени М.В. Ломоносова,
Киселева С.В. – зам. председателя, МГУ имени М.В. Ломоносова,
Плигина С.Ф. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Медведев А.В. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Андреев Т.И. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Березкин М.Ю. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Дегтярев К.С. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Залиханов А.М. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Калинина О.Ю. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Нефёдова Л.В. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Тарасенко А.Б. – ОИВТ РАН,
Чернова Н.И. – МГУ имени М.В. Ломоносова,
Шакун В.П. – МГУ имени М.В. Ломоносова

Организационно-редакционная группа:

канд. физ.-мат. наук *С.В. Киселёва*, канд. биол. наук *Н.И. Чернова*,
канд. геогр. наук *Ю.Ю. Рафикова*, канд. геогр. наук *Л.В. Нефёдова*,
канд. геогр. наук *К.С. Дегтярев*, канд. биол. наук *Т.И. Андреев*, *А.Б. Тарасенко*

В64 Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции и XII молодежной школы с международным участием : сборник / Отв. ред. С.В. Киселёва, Ю.Ю. Рафикова. – М.: Наука, 2020. – 472 с. : табл., ил.

ISBN 978-5-907279-24-7; ISSN 2312-3354

Сборник содержит материалы докладов аспирантов, студентов, научных сотрудников и преподавателей – участников Всероссийской научной конференции и XII молодежной школы «Возобновляемые источники энергии» с международным участием. Конференция и Школа проведены географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Мероприятия традиционно собрали широкий круг молодых учёных и преподавателей, специализирующихся в области возобновляемой энергетики. Материалы докладов, представленные в сборнике, посвящены техническим, технологическим, геоинформационным, экологическим, социально-экономическим, инновационным и другим аспектам современной возобновляемой энергетики.

Для специалистов в области энергетики, рационального природопользования и геоэкологии, экономики природопользования, а также студентов и аспирантов.

УДК 620
ББК 31.15

ISBN 978-5-907279-24-7 © Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020
ISSN 2312-3354 © НИЛ возобновляемых источников энергии, 2020

<i>Маслова О.В., Сенько О.В., Ефременко Е.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК	309
<i>Меньшиков Я.А., Сулейманов М.Ж., Тарасенко А.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ	313
<i>Михеева Э. Р., Катраева И. В., Ворожцов Д. Л.</i> ВЛИЯНИЕ ПРЕДОБРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В АВС НА ПОЛУЧЕНИЕ БИОВОДОРОДА В ПРОЦЕССЕ ТЕМНОВОГО АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ.....	320
<i>Мордынский А.В., Коломиец Ю.Г., Сулейманов М.Ж.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКТИРОВКИ ПРОГНОЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА	324
<i>Мохаммед Х. Д., Абдали Л. М., Исса Х.А., Кузнецов П.Н.</i> АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ PV-МОДУЛЯ С МАТЕМАТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ.....	335
<i>Мысленков С.А., Самсонов Т.А., Шурыгина А.А., Киселева С.В., Сильвестрова К.П., Архипкин В.С.</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-АТЛАСА ДОСТУПНОЙ ВЕТРОВОЙ И ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ МОРЕЙ РОССИИ.....	347
<i>Нефедова Л.В.</i> ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ ТЭК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ И НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЭ В РЕГИОНЕ	352
<i>Панченко В.А.</i> СОЛНЕЧНЫЕ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ СТАЦИОНАРНОЙ И МОБИЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ	357
<i>Полетаев Д.А., Соколенко Б.В.</i> КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМАХ	367
<i>Синица М.О.</i> ПОВЫШЕНИЕ МЕТЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ ВЭУ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ (ОТ 60 М) НА ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА	372

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Маслова О.В., Сенько О.В., Ефременко Е.Н.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Аннотация. Включение анаэробных биокаталитических процессов и возобновляемого сырья в технологические схемы, связанные с переработкой углеводородного сырья, повышают конкурентоспособность биогазовых установок и экологичность нефтегазового сектора и лежит в основе комплексного подхода. Введение биокаталитических стадий в состав химических технологий возможно при использовании биокатализаторов в иммобилизованном виде.

Ключевые слова: биогаз, иммобилизованные биокатализаторы, комплексный подход, криогель поливинилового спирта, обессеривание нефти

APPLYING AN INTEGRATED APPROACH TO INCREASE THE COMPETITIVENESS OF BIOGAS PLANTS

Maslova O.V., Senko O.V., Efremenko E.N.

Lomonosov Moscow State University

Abstract. The inclusion of anaerobic biocatalytic processes and renewable raw materials in technological schemes associated with the processing of hydrocarbon raw materials increases the competitiveness of biogas production and the environmental friendliness of the gas-oil sector. This is the basis of an integrated approach. The introduction of biotechnology stages into the chemical technologies is possible when using immobilized biocatalysts.

Keywords: biogas, immobilized biocatalysts, integrated approach, polyvinyl alcohol cryogel, oil fractions desulfurization

Биотехнологические процессы, связанные с биотрансформацией органических отходов в анаэробных условиях, сегодня признаны на мировом уровне в качестве перспективных. Они позволяют сокращать выбросы парниковых газов, снижать количества сжигаемого ископаемого топлива и обеспечивать энергоснабжение [1]. Однако, широкого распространения на территории РФ они до сих пор не получили. Для повышения конкурентоспособности

данного направления развития возобновляемой энергетики и экологизации технологий существующего нефтегазового сектора с учетом ориентиров на устойчивое развитие предложено использование комплексного подхода, подразумевающего включение анаэробных биокаталитических процессов и возобновляемого сырья в те или иные технологические схемы, связанные с переработкой углеводородного сырья и получением коммерчески значимых продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Альтернативный экологичный метод окислительного обессеривания нефти позволяет с использованием пероксида водорода в качестве основного окислителя и проведением последующей экстракции быстро очищать нефтяные фракции от соединений серы [2-3]. Полученные в ходе очистки нефтяных фракций серосодержащие экстракты могут успешно подвергаться биоконверсии в анаэробном биореакторе с получением биогаза и сульфида, а очищенное от серы углеводородное сырье далее может использоваться, например, для получения полимерных материалов для нужд медицинской химии и фармацевтики [4-5]. Важно, что в качестве дополнительного компонента среды при этом в биореактор можно загружать широкий спектр возобновляемого сырья. Одним из перспективных видов такого сырья является биомасса микроводорослей, которую можно наращивать одновременно с очисткой сточных вод [6-8]. Показано, что интенсификация процесса накопления такой биомассы возможна при использовании иммобилизованного в криогель поливинилового спирта инокулята [9-10]. При введении в анаэробный биомассы микроводорослей и окисленных форм органических серосодержащих соединений при 35 °C через 12 суток степень конверсии 0,2 мМ серы, исходно введенной в реактор в составе сульфонов бензотиофена и дибензотиофена, в сульфид достигает 100 %. Доля метана в составе накапливаемого в биореакторе биогаза превышает 65 % [11]. Мониторинг состояния биокатализаторов в анаэробном биореакторе осуществляется путем определения концентрации внутриклеточного АТФ [12].

Использованием комплексного подхода и включение анаэробных биореакторов в состав химических технологических схем стало возможным при использовании биокатализаторов в иммобилизованном виде и при использовании в качестве носителя криогеля поливинилового спирта.

В ходе установления общих закономерностей во влиянии условий процесса иммобилизации анаэробных бактериальных клеток в виде искусственных и природных консорциумов на характеристики получаемых биокатализаторов для комбинированного процесса химико-биокаталитической десульфуризации углеводородсодержащего сырья отмечено, что концентрация раствора полимера, применяемого для формирования биокатализаторов сложного микробного состава, и самих клеток в составе биокатализатора являются важными показателями. Так, для формирования стабильных по форме гранул биокатализатора оптимальный диапазон концентраций поливинилового спирта после смешивания с суспензией биомассы зависит от условий дальнейшего криоструктурирования и составляет 9-17%.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ 18-29-05064.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] M. R. Atelge, et al., Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives, *Waste and Biomass Valorization*, 2020, V. 11, P. 1019-1040.
- [2] А. В. Акопян, П. Д. Поликарпова, А. В. Анисимов, и другие, Окисление дибензотиофена с последующей биоконверсией образующегося сульфона, *Химическая технология*, 2020, Т. 21, № 6, С. 242–250.
- [3] А. В. Акопян, П. Д. Поликарпова, А. В. Анисимов, и другие, Глубокое окислительное обессеривание прямогонной бензиновой фракции, *Химическая технология*, 2020, Т. 21, № 8, С. 353–36.
- [4] O. Maslova, O. Senko, N. Stepanov, E. Efremenko, Perspective approaches with the use of biocatalysts for improving the processes of polyaspartic acid production from oil benzene fraction after oxidative desulfurization, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, V. 525, P. 012037.
- [5] О. В. Маслова, О. В. Сенько, Е. Н. Ефременко, Полимеры на основе аспарагиновой и глутаминовой кислот: получение и применение в медицинской химии и фармацевтике, *Известия Академии наук. Серия химическая*, 2018, № 4, С. 614–623.
- [6] О. В. Сенько, О. В. Маслова, Е. Н. Ефременко, Основа для приготовления эффективного моторного модификатора трения, *Биохимическая физика: Труды XVII Ежегодной молодежной конференции с международным участием ИБХФ РАН-ВУЗы и школы Современные проблемы биохимической физики*. Москва: РУДН Москва, 2018, С. 140–143.
- [7] О. В. Сенько, О. В. Маслова, И. В. Лягин, и другие, Биохимический состав биомассы клеток микроводоросли рода *Chlorella*, накапливающейся после очистки сточных вод, *Экологические чтения* –

- 2018 Международная научно-практическая конференция посвящается 100-летию образования Омского государственного аграрного университета им.П.А.Столыпина, ЛИТЕРА Омск, 2018, С. 263–265.
- [8] Е. Н. Ефременко, Ф. Т. Мамедова, О. В. Сенько, и другие, Получение нитрилов при пиролизной утилизации биомассы клеток, Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020): материалы XVI Международной научно-технической конференции: в 2 т., Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Т. 1. РИК УГАТУ Уфа, 2020, С. 222–226.
- [9] О. В. Маслова, О. В.Сенько, Е. Н. Ефременко, Технологии на основе микроводорослей в ракурсе развития мировой экономики, Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии: сборник научных статей международной научной конференции, ООО Конверт Москва, 2019. С. 171–173.
- [10] О. В. Сенько, Н. А. Степанов, О. В. Маслова, Е. Н. Ефременко, Подходы к эффективному накоплению биомассы фототрофных микроорганизмов, Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников XII Международной научно-практической конференции Инновации в технологиях и образовании, 21-22 марта 2019 г.: Филиал КузГТУ в г. Белово. Белово.: Изд-во КузГТУ, Кемерово, Россия; Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, Россия; Изд-во ун-та Св. Кирилла и Св. Мефодия Велико Тырново, Болгария, 2019. С. 32–36.
- [11] О. В. Маслова, О. В.Сенько, Е. Н. Ефременко, Биомасса микроводорослей как дополнительный компонент среды при получении биогаза и проведении анаэробной биоконверсии смеси органических серосодержащих соединений, Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020) : материалы XVI Международной научно-технической конференции : в 2 т./ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Т. 1, РИК УГАТУ Уфа, 2020. С. 240–243.
- [12] O. Senko, O. Maslova, M. Gladchenko, et al., Biogas production from biomass of microalgae *Chlorella vulgaris* in the presence of benzothiophene sulfone, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, V. 525. P. 012089.

Маслова Ольга Васильевна, Образование: Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, к.х.н. (2006г), olga.maslova.rabota@gmail.com

Сенько Ольга Витальевна, Образование: Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова, Москва, к.х.н. (2013г), senkoov@gmail.com

Ефременко Елена Николаевна, Образование: Технологический институт пищевой промышленности, Москва, д.б.н. (2010г), профессор (2011г), elena_efremenko@list.ru