

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

УСПЕХИ
В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ

Том XXXIII

№ 5

Москва
2019

УДК 66.01-52

ББК 24. 35

У78

Рецензент:

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXXIII,
У78 № 5 (215). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. – 103 с.

В сборник вошли статьи по актуальным вопросам в области теоретической и экспериментальной химии.

Материалы сборника представлены для широкого обсуждения на XV Международном конгрессе молодых ученых по химии и химической технологии «УССТ-2019», XXXIII Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-2019», ряде международных и российских конференций, симпозиумов и конкурсов, а также на интернет-сайтах.

Сборник представляет интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов химико-технологических вузов.

УДК 66.01-52

ББК 24. 35

Содержание

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Дубинкин И.А., Самосадова П.В., Суясов Н.А.

ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ ИЗ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ 6

Нохаева В.С., Евдокимова С.А., Грошева В.Д., Кареткин Б.А., Шакир И.В., Гусева Е.В., Панфилов В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РОСТА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ *VIFIDOBACTERIUM ADOLESCENTIS* И *VACILLUS CEREUS* В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ПРЕБИОТИЧЕСКОМ И НЕПРЕБИОТИЧЕСКОМ СУБСТРАТАХ 9

Баурина А.В., Епишкина Ю.М., Баурин Д.В., Шакир И.В., Панфилов В.И.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ПОСТФЕРМЕНТАЦИОННЫХ СТОКОВ КУЛЬТУРОЙ *VACILLUS SUBTILIS* 12

Беспалова О.С., Суясов Н.А., Макарова М.И., Самосадов М.С.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СООБЩЕСТВА МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ *METHYLOMONAS METHANICA* 15

Волосатова Е.Ф., Диканская О.П., Тихонова И.О.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НДТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 18

Бу Ким Лонг, Тхи Тхо Хоанг, Нистратов А.В., Клушин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ ОРГАНОПЛАСТИКОВ 20

Епишкина Ю.М., Баурина А.В., Баурин Д.В., Шакир И.В., Панфилов В.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛКА ПОДСОЛНЕЧНИКА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА В ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ 22

Еремина Е.А., Мухин В.М., Курилкин А.А., Королев Н.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ УГЛЕПЕКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ 25

Бонарева В.К., Хабибулина Н.В., Красноштанова А.А.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА УГЛЕВОДНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СОЕВОЙ МЕЛАССЫ НОВОГО ТИПА 28

Кузин Е.Н.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫМИ КОАГУЛЯНТАМИ 31

Макарова М.И., Суясов Н.А., Самосадова П.В., Беспалова О.С.

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ ПОЛУПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ
БИОМАССЫ СООБЩЕСТВА МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ 34**

Кравцова А.Г., Хабибулина Н.В., Красноштанова А.А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ФЛАВОЗИМА НА ХИМИЧЕСКИЕ И
ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕВЫХ ПЕПТИДОВ 37**

Сенчина С.В., Ермоленко Б.В.

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ ТВЕРДОГО И
ЖИДКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ НА ТЕРРИТОРИИ
РОССИИ..... 40**

Федоров А.В, Ермоленко Б.В.

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 44**

Чернова К.С., Баурина М.М., Градова Н.Б.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АВТОЛИЗАТОВ АКТИВНОГО ИЛА МЕТАНТЕНКОВ НА
ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 47**

Юдина А.Н. Красноштанова А.А.

**СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ ИЗ ЖЕЛТКА ЯИЦ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ 49**

Прутских М.С., Ермоленко Б.В., Фетисова Ю.А.

**ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ, ТОПЛИВНЫХ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ,
ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ
ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ 51**

Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинг, Мин Тху, Мьят Мин Тху, Нистратов А.В.,
Клушин В.Н.

**НОВЫЕ АДсорбЕНТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЬЯНМЫ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ..... 54**

Кручинина Н.Е., Азопков С.В., Хаердинова А.Р.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 59

Нистратов А.В., Станкевич О.В., Башмакова О.В., Зайцева А.Д., Родина Д.А.

**КОМПОЗИТНЫЕ АДсорбЕНТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ
РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗОЛА 61**

Шуклина В.П., Шуклина А.П., Ермоленко Б.В.

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ..... 64**

Савинкова М.Е., Ермоленко Б.В.

**ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В
РОССИИ..... 68**

Романова М.В., Белодед А.В.

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СИНТЕЗА
ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ ШТАММАМИ ТЕРМОФИЛЬНЫХ
БАКТЕРИЙ..... 71**

Боровкова Е.К. Красноштанова А.А.

**ВЫДЕЛЕНИЕ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ БИОМАССЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ
ДРОЖЖЕЙ 74**

Минич М.В., Бехбудзаде Н.Б., Шагаев А.А., Марквичёв Н.С.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ СУСПЕНЗИЕЙ
LACTOBACILLUS PLANTARUM 76**

Шуклина А.П., Шуклина В. П., Ермоленко Б.В.

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА
ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ..... 78**

Диканская О.П., Волосатова Е.Ф., Тихонова И.О.

**К ВОПРОСУ О МАРКЕРНЫХ ВЕЩЕСТВАХ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОИЗВОДСТВ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ..... 81**

Безяева А.Д. Красноштанова А.А

ВКЛЮЧЕНИЕ АМИЛАЗЫ В ХИТОЗАН-АЛЬГИНАТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ..... 83

Ванюшенкова А.А., Ханафина А.А., Иванова С.Н., Досадина Э.Э., Белов А.А.

**ДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И
ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ НА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ
ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ГЕПАТОПАНКРЕАСА КРАБА 85**

Зверева В.В., Ванюшенкова А.А., Ханафина А.А., Белов А.А.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИРАМИСТИНА С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ
АГЕНТАМИ..... 88**

Сахаров Д.А., Аверина Ю.М., Курбатов А.Ю.

МЕТОДИКИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР ГЭБ..... 91

Фадеев А. Б., Кручинина Н. Е., Зайцева А. Д.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ..... 93

Хаердинова А. Р., Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е., Любушкин Т. Рубин Е.

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОМПЛЕКСНЫХ КОАГУЛЯНТОВ 96**

Чуприна А.П., Костылева Е.В., Аржиновская Н.В.

**РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ОГНЕСТОЙКОГО ТУРБИННОГО МАСЛА НА
ОСНОВЕ ТРИКСИЛЕНИЛФОСФАТОВ 99**

УДК 60

Дубинкин И.А., Самосадова П.В., Суясов Н.А.

ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ ИЗ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

Дубинкин Иван Александрович, студент 4 курса факультета Биотехнологии и промышленной экологии; e-mail: nikto-2012@yandex.ru;

Самосадова Полина Викторовна, студентка 1 курса магистратуры факультета Биотехнологии и промышленной экологии;

Суясов Николай Александрович, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, Миусская пл., д.9

Данная работа посвящена изучению образца почвы района газодобычи на Ямале и выделению из него метанокисляющего сообщества. Были проанализированы основные физико-химические и микробиологические свойства почвы. Метанотрофное сообщество было выделено методом накопительных культур.

Ключевые слова: метанокисляющие микроорганизмы, выделение, Ямал

ISOLATION ON METHANE-OXIDIZING ORGANISMS FROM SOIL SAMPLES

Dubinkin I.A., Samosadova P.V., Suyasov N.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This work is dedicated to studying soil sample, obtained from gas-extracting area of Yamal, and isolation of methanotrophic community. The main physico-chemical and microbiological properties of soil were examined. Methanotrophic community was enriched and isolated.

Keywords: methane-oxidizing microorganisms, isolation, Yamal

Метанотрофы – особая группа бактерий, отличающаяся способностью к использованию метана в качестве единственного источника углерода [1]. Метанотрофы чаще всего встречаются в природе в составе метанокисляющих сообществ, куда, помимо самого метанотрофа, входит одна или несколько синтрофных культур, потребляющих побочные продукты работы фермента метанмонооксигеназы. Подобный симбиоз обеспечивает эффективность и стабильность сообщества, позволяя ему более полно утилизировать компоненты газообразного субстрата, а также избегать ингибирования продуктами метаболизма [2].

Несмотря на то, что существует множество потенциальных продуктов, которые могут производиться с использованием метанотрофов, единственным коммерчески реализованным продуктом является гаприн [3]. Гаприн – термин, составленный из слов «газ» и «протеин», используется для обозначения кормового белка, получаемого из биомассы метанотрофных бактерий, выращенных на метане. Высокая потребность сельского хозяйства в кормовом белке в совокупности с климатическими и географическими особенностями России, такими как недостаток удобных для выращивания сои, наиболее популярного источника кормового белка, земель и избыток природного газа, создают предпосылки для развития производства гаприна.

На данный момент известно большое количество метанотрофных микроорганизмов, но количество высокопродуктивных штаммов, использование которых экономически целесообразно, невелико, а попытки генетической модификаций с целью улучшения ростовых характеристик пока ни к чему не привели [4]. Поиск новых микроорганизмов и их сообществ, способных потреблять метан и природный газ с удовлетворительным выходом биомассы, остается приоритетным направлением научных изысканий в этой области.

Одним из источников для выделения метанокисляющих бактерий являются почвы газоносных районов. Природный газ, основной компонент которого – метан, способен диффундировать из газоносных горизонтов в почву. Присутствие метана в почве делает возможным развитие метанокисляющих сообществ. Примером подобного региона является полуостров Ямал. На его территории расположено 47 месторождений, в почвах над которыми могут развиваться метанокисляющие сообщества.

Основной фактор почвообразования на полуострове Ямал – суровый арктический климат. Основной фактор почвообразования полуострова Ямал – это суровый арктический климат. Ежегодный цикл промерзания и оттаивания в совокупности с высокой влажностью создают сложные полигональные комплексы почв. Распространённые на Ямале глеевые, торфяно-глеевые и торфяные почвы

перемежаются трещинами, характеризующимися мощным органическим слоем, и пятнами, лишенными органического горизонта.

В данной работе в качестве объекта изучения выступали образцы почвы, полученные из района

газодобычи на полуострове Ямал. Образцы почвы были проанализированы на основные физико-химические и биологические параметры. Результаты анализов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики образцов почвы

Параметр	Значение
Внешний вид	Почва имеет черно-коричневый цвет. В верхней части густо пронизана корнями.
Влажность	57-61%
Потеря массы при прокаливании	24-28%
Содержание подвижных соединений фосфора по методу Кирсанова	200±40 млн ⁻¹
Содержание гумусовых веществ по методу Тюрина	12.1±1.2%
Содержание общего азота по методу Кьельдаля	1.85%
pH вытяжки (в дистиллированной воде)	4.84
pH вытяжки (в 0.1 Н растворе KCl)	5.11
КОЕ на г. почвы	3.65*10 ⁶

Физико-химические свойства образца схожи с литературными данными. На основании проведенных анализов образец почвы можно соотнести с верхними горизонтами почв Ямала. Содержание микроорганизмов в почве согласуется с исследованием О.С. Кухаренко [5], и является типичным для тундры.

Был проведен анализ почвенной микробиоты. Из исследования [5] известно, что в почвах Ямала преобладают грамтрицательные виды. В мхах и сфагномах разнообразие существенно выше, чем в почве, где чаще всего доминирует один вид. В исследовании утверждается, что для естественных субстратов полуострова Ямал характерны грибы родов *Penicillium* и *Fusarium*, в то время как для антропогенных субстратов характерны темноокрашенные микромицеты – деструкторы антропогенных материалов и патогены человека.

Первичный высев осуществлялся на агаризованный L-бульон. Выделенные изоляты были проанализированы по микро- и макроморфологическим признакам. Также была проверена их способность к ассимиляции метанола и этанола.

Из почвы было выделено 17 микробных изолятов. Среди них присутствуют 13 граммотрицательных и 4 грамположительных, 8 из них способны к ассимиляции метанола и 7 способны к ассимиляции этанола. Наиболее распространенными оказались три изолята, которые в совокупности составляют от 70% до 90% всей бактериальной микрофлоры. Все три из них обладают палочковидной формой клеток и способны к ассимиляции как метанола, так и этанола. Также было выделено два грибных изолята. Их колонии имели бело-зеленый окрас.

Можно заключить, что микробиота образцов достаточно типична для почв Ямала.

Выделение метаноксиляющего сообщества осуществлялось методом накопительных культур. В качестве источника углерода и кислорода использовалась метан-воздушная смесь в соотношении 1:3. Источником остальных элементов была минеральная среда. Было опробовано две среды:

Среда 1, со следующим составом: KNO₃ – 1,0 г/л, MgSO₄*7H₂O – 0,2 г/л, CaCl₂ – 0,02 г/л, Na₂HPO₄*5H₂O – 1,5 г/л, KH₂PO₄ – 0,7 г/л, CuSO₄*5H₂O – 0,1 мг/мл, FeSO₄*7H₂O – 2,0 мг/мл, ZnSO₄*7H₂O – 0,1 мг/мл, Na₂MoO₄*2H₂O – 0,03 мг/мл, CoCl₂*6H₂O – 0,2 мг/мл, трилон Б (Na₂EDTA) – 5,0 мг/мл, MnCl₂*4H₂O – 0,03 мг/мл, NiCl₂*6H₂O – 0,02 мг/мл.

Среда 2, со следующим составом: H₃PO₄ (70%) - 0,35 мл/л, KCl - 0,125 г/л, MgSO₄*7H₂O - 0,105 г/л, FeSO₄*7H₂O - 10,75 мг/л, CuSO₄*5H₂O - 10 мг/л, MnSO₄*5H₂O - 9,5 мг/л, H₃BO₃ - 6,25 мг/л, ZnSO₄*7H₂O - 1,5 мг/л, CoSO₄*7H₂O - 0,25 мг/л, Na₂MoO₄*2H₂O - 0,25 мг/л

Культивирование проводилось герметичных в конических колбах объемом 1000 мл, в которые помещалось по 50 мл минеральной среды, при постоянном перемешивании на орбитальном шейкере. Обеспечивалось термо- и pH-стабильное, а также обновление метан-воздушной смеси. Рост оценивался визуально, путем замера оптической плотности, а также микроскопированием.

Поскольку для Ямала характерен резко-континентальный климат и широкий диапазон температур, для определения подходящих условий выделения метаноксиляющего сообщества первые два пассажа были выполнены при четырех различных температурах: 0°-5°, 22°-27°, 32°-33°, 40°-41° С.

На среде 1 рост был неудовлетворителен. Микроскопирование выявляло присутствие предположительно метаноксиляющих бактерий,

количество которых достигало максимума на вторые сутки, после чего оставалось неизменно. Определенная методом Коха концентрация гетеротрофной флоры составила температуре 0°-5°С составила $3.1 \cdot 10^4$, при температуре в 22°-27°С -- $4 \cdot 10^5$, при температуре в 32°-33°С -- $5.9 \cdot 10^6$, при 40°-41°С -- $5.16 \cdot 10^6$. Прослеживается тенденция к повышению титра клеток при повышении температуры. Чаще всего встречались ранее упомянутые наиболее распространенные в почве изоляты, способные к ассимиляции метанола. Можно заключить, что на среде П наблюдался определенный рост, однако накопление биомассы было несущественным, поэтому выделение метанооксиляющего сообщества в этой среде было признано нецелесообразным.

Использование среды 2 позволило добиться лучших результатов. При культивировании наблюдалось помутнение и закисление среды, особенно заметное при культивировании в интервале 40°-41° С. Титр КОЕ при температуре 0°-5° С составил $7 \cdot 10^4$, при температуре в 22°-27° С -- $4 \cdot 10^5$, при температуре в 32°-33° С -- $5.9 \cdot 10^6$, при 40°-41° С -- $2.2 \cdot 10^7$.

Поскольку наибольшее накопление биомассы было достигнуто при культивировании в среде 2 в диапазоне температур 40°-41° С, дальнейшие опыты по выделению метанооксиляющего сообщества осуществлялись в этих условиях.

Было осуществлено 5 пассажей. Динамику накопления биомассы в процессе можно наблюдать на рис.1

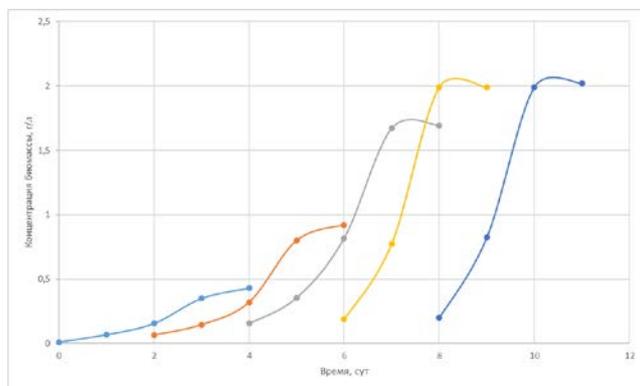


Рисунок 1. Накопление биомассы в ходе последовательных пассажей.

Полученные зависимости имеют типичную S-образную форму. Максимальная концентрация биомассы достигалась на 3-4 сутки культивирования, после чего рост останавливался. Благодаря выделению наиболее активной части метанооксиляющего сообщества максимальное накопление биомассы повышалось от пассажа к

пассажу. Максимальное накопление было достигнуто к четвертому пассажу и составило приблизительно 2 г/л. Это в 4.7 раза больше, чем в первом пассаже, где максимальное накопление составило 0.43 г/л.

В результате пересевов была получена накопительная культура метанооксиляющих бактерий, микрофотография которой приведена на рис. 2.

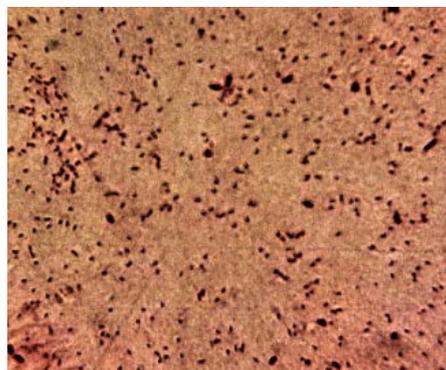


Рисунок 2. Микрофотография препарата метанооксиляющего сообщества.

В ходе осуществления пассажей морфологический состав метанооксиляющего сообщества менялся слабо, что позволяет сделать вывод о его устойчивости. Кокковидная форма, наиболее представленная в микропрепаратах, является достаточно распространённой среди метанооксиляющих микроорганизмов. Такая форма является типичной для семейства *Methylococcaceae*.

Список литературы

1. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии// М.:ГЕОС. 2001. 500с
2. Лалов В.В. Анализ и синтез энерготехнологических систем производства кормового белка из природного газа // Москва, 1991 – 118 с
3. P. J. Strong, S. Xie, and W. P. Clarke Methane as a Resource: Can the Methanotrophs Add Value? // Environmental Science & Technology 2015 49 (7), 4001-4018
4. Aversch N.J.H. and Kracke F. Metabolic Network Analysis of Microbial Methane Utilization for Biomass Formation and Upgrading to Bio-Fuels // Front. Energy Res. 6:106. (2018)
5. Кухаренко О.С. и др. Структура гетеротрофного блока бактерий в тундровых почвах полуострова Ямал // Почвоведение, 2009, №4, с 463-468

УДК 579.264

Нохаева В.С., Евдокимова С.А., Грошева В.Д., Кареткин Б.А., Шакир И.В., Гусева Е.В., Панфилов В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РОСТА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ *Bifidobacterium adolescentis* И *Bacillus cereus* В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ПРЕБИОТИЧЕСКОМ И НЕПРЕБИОТИЧЕСКОМ СУБСТРАТАХ

Нохаева Вера Станиславовна, студентка 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: veravenice23@gmail.com

Евдокимова Светлана Александровна, аспирант кафедры биотехнологии;

Грошева Вероника Дмитриевна, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Кареткин Борис Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Шакир Ирина Васильевна, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Гусева Елена Владимировна, к.т.н. доцент кафедры кибернетики химико-технологических процессов;

Панфилов Виктор Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой биотехнологии.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе представлены результаты проведения совместного культивирования Bif. adolescentis ATCC 15703 и Bac. cereus ATCC 9634 на пребиотическом углеводном субстрате олигофруктозе (ОФ) (Synergy, Orafiti) и результаты контрольного культивирования с заменой пребиотика на глюкозу (Sigma). Условия непрерывного культивирования были выбраны на основании параметров толстого кишечника человека: поддерживаемый Рн 6,8; анаэробноз; скорость потока 0,04 ч⁻¹. Полученные данные демонстрируют эффективность выбранной синбиотической композиции для подавления роста распространённого пищевого контаминанта Bac. cereus.

Ключевые слова: пробиотики, пребиотики, синбиотики, моделирование ЖКТ, антагонизм

STUDY OF THE REGULARITIES OF GROWTH AND INTERACTION *Bifidobacterium adolescentis* AND *Bacillus cereus* IN CONDITIONS OF CONTINUOUS CULTIVATION ON PREBIOTIC AND NON-PREBIOTIC SUBSTRATES

Nokhaeva V.S., Evdokimova S.A., Grosheva V.D., Karetkin B.A., Shakir I.V., Guseva E.V., Panfilov V.I.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper presents the results of co-cultivation of Bif. adolescentis ATCC 15703 and Bac. cereus ATCC 9634 on a prebiotic carbohydrate substrate oligofructose (RP) (Synergy, Orafiti) and the results of control cultivation with the replacement of prebiotic by glucose (Sigma). Continuous cultivation conditions were selected based on the parameters of the human large intestine: maintained at pH 6.8; anaerobiosis; flow rate 0.04 hr⁻¹. The data obtained demonstrate the effectiveness of the selected synbiotic composition for suppressing the growth of the common food contaminant Bac. cereus.

Keywords: probiotics, prebiotics, synbiotics, gastrointestinal tract modeling, antagonism

В связи с обострением проблемы снижения качества пищевых продуктов, ухудшением экологической обстановки и повышением уровня стресса, что приводит к ухудшению здоровья людей, среди населения развитых стран набирает популярность концепция функционального питания, в которую входят пробиотики, пребиотики и синбиотики. Пробиотики – это живые микроорганизмы, которые при введении в достаточном количестве оказывают пользу на здоровье организма-хозяина [1]. Пребиотиками называют селективно ферментируемый ингредиент, который допускает специфические изменения как в составе, так и в активности микрофлоры желудочно-кишечного тракта, которая принесит пользу здоровью хозяина [2]. Синбиотики включают про- и пребиотики, причём, комплексная эффективность таких композиций должна быть выше, чем отдельных компонентов, за счёт эффекта синергии [3].

Антагонистическое действие продуктов метаболизма пробиотиков (короткоцепочные жирные кислоты SCFA, бактерицины) в отношении патогенных и условно патогенных микроорганизмов является перспективным решением для предотвращения вторичных госпитальных инфекций, которая обостряется в связи с повышением резистентности возбудителей к антибиотикам [4]. В результате большого количества современных исследований *in vitro* [5-8] и *in vivo* [9, 10] показано, что эффективность синбиотических композиций про- и пребиотиков в отношении подавления роста возбудителей заболеваний и контаминантов пищи выше, чем при использовании компонентов функционального питания по-отдельности. Поэтому исследования синбиотиков в данном направлении являются актуальными и перспективными для профилактики и лечения различных заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), в том числе диареи (в

особенности, диареи после лечения антибиотиками [11], энтероколита, ротавирусной инфекции, панкреатита, различных воспалений кишечника и других.

Bac. cereus является спорообразующей почвенной бактерией, распространённым контаминантом пищи [12]. Выявлено два типа заболеваний, вызываемых бациллами при попадании в ЖКТ: диарейные и рвотные синдромы, вызванные различными типами токсинов [13]. Поэтому данный штамм был выбран в качестве тест-штамма непροбиотика, как объекта антагонистической активности синбиотической композиции.

Штамм-пробиотик *Bif. adolescentis* выбран, как типичный представитель нормальной микрофлоры человека, преобладающий у взрослых здоровых людей, который входит в состав многих коммерческих пробиотиков.

В связи с уникальностью параметров среды кишечника человека и морально-этическими трудностями при проведении исследований *in vivo*, наиболее объективные данные можно получить при

использовании моделирования различных отделов ЖКТ [14]. При этом культивирование проводится в одном ферментёре или в каскаде биореакторов с поддержанием pH, температуры, атмосферы, скорости протока и некоторых других параметров, характерных для каждого отдела. Например, в толстом кишечнике, где сосредоточена основная часть микрофлоры ЖКТ, поддерживается pH 6,8, анаэробноз, скорость протока $0,04 \text{ ч}^{-1}$, температура $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Поэтому при проведении культивирования данные условия были соблюдены в упрощённом варианте модели толстого кишечника, состоящей из одного биореактора. Культивирование проводили в среде по Rossi [15] с использованием в качестве углеводного субстрата ОФ (Synergy, Orafti) или глюкозы (Sigma) (10 г/л). Определение концентрации молочной и уксусной кислот в пробах определяли методом ВЭЖХ. Определение количества жизнеспособных клеток определяли методом высевов по Коху. Результаты представлены на рисунках 1,2.

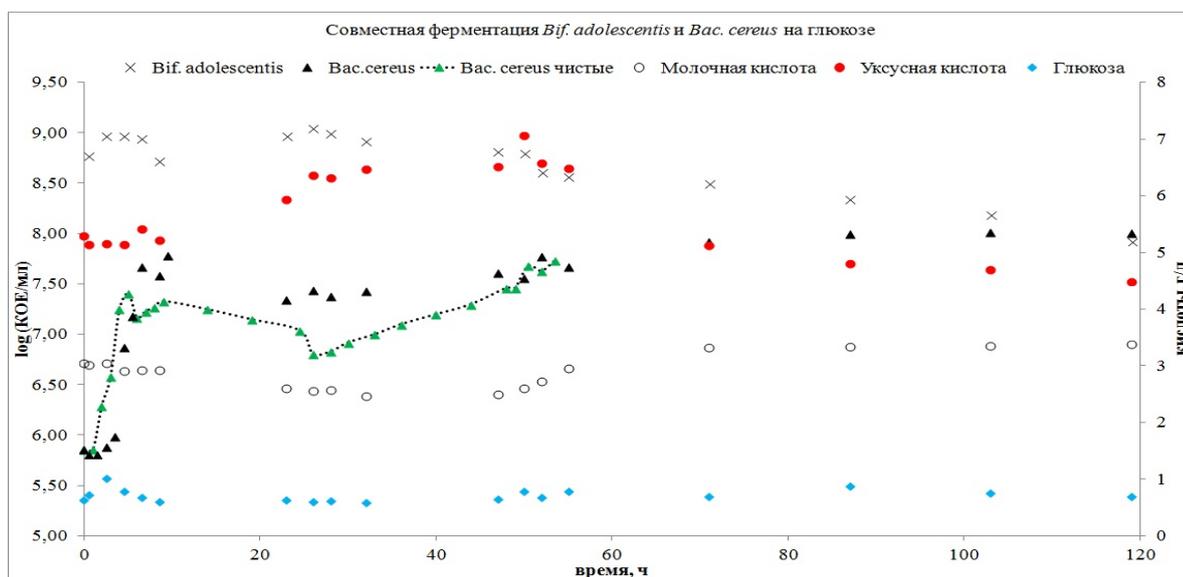


Рисунок 1. Динамика численности *Bif. adolescentis* и *Bac. cereus*, концентрации субстрата и продуктов метаболизма (молочной и уксусной кислот) при совместном культивировании в сравнении с динамикой численности чистой культуры *Bac. cereus* на глюкозе (непробиотическом субстрате)

При анализе кривой роста бифидобактерий на глюкозе наблюдается конкурирующее воздействие бацилл за углеводный субстрат, в результате чего титр пробиотической культуры начинает падать. Были рассчитаны удельные скорости роста *Bac. cereus*: чистая культура – $0,61 \text{ ч}^{-1}$, смешанная с бифидобактериями – $0,32 \text{ ч}^{-1}$. При достижении максимального количества уксусной кислоты ($7,1 \text{ г/л}$) на 50 час культивирования далее происходит её вымывание из системы, что соотносится со снижением титра *Bif. adolescentis*. Однако наблюдается незначительное увеличение концентрация молочной кислоты. Это может объясняться переключением метаболизма бацилл с потребления глюкозы на белковые компоненты среды в анаэробных условиях, при котором они могут продуцировать лактат. Результаты эксперимента показывают, что на среде с глюкозой

бациллы подавляют рост бифидобактерий за счёт более активного потребления углеводного субстрата. Динамика роста *Bac. cereus* на пребиотическом субстрате показывает меньшую скорость роста в экспоненциальной фазе по сравнению с ростом чистой культуры как на ОФ, так и на глюкозе. После 10 часов культивирования совместно с бифидобактериями культура бацилл достигает динамического равновесия. Максимальный титр бацилл не превышает значение для чистой культуры, в отличие от культивирования на глюкозе. Титр *Bif. adolescentis* и концентрации кислот на ОФ остаются неизменными в пределах погрешностей измерений, что демонстрирует более длительное нахождение культуры в стабильном состоянии динамического равновесия по сравнению с экспериментом на глюкозе.

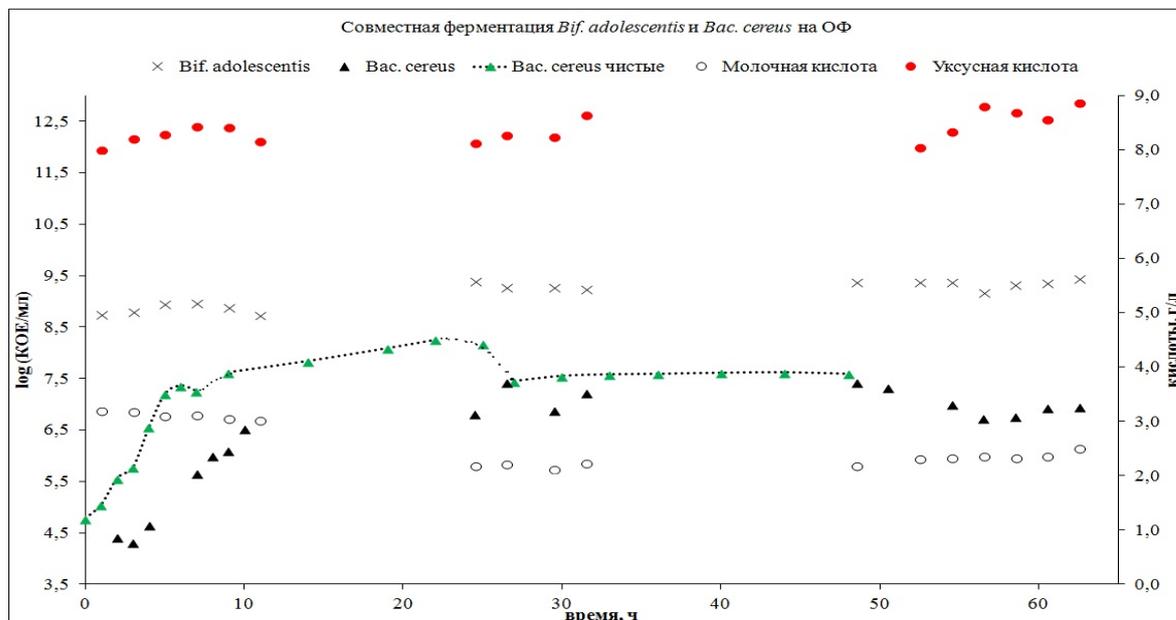


Рисунок 2. Динамика численности *Bif. adolescentis* и *Bac. cereus*, концентрации субстрата и продуктов метаболизма (молочной и уксусной кислот) при совместном культивировании в сравнении с динамикой численности чистой культуры *Bac. cereus* на ОФ (пребиотическом субстрате)

Работа спонсируется Российским Научным Фондом (Проект № 17-79-20365)

Список литературы

1. Gasbarrini G., Bonvicini F., Gramenzi A. Probiotics history // *Journal of clinical gastroenterology*. – 2016. – vol. 50. – P. 116-119.
2. Hong H. A., Duc L. H., Cutting S. M. The use of bacterial spore formers as probiotics // *FEMS microbiology reviews*. – 2005. – vol. 29. – №. 4. – pp. 813-835.
3. Ambalam P. et al. Prebiotic preferences of human lactobacilli strains in co-culture with bifidobacteria and antimicrobial activity against *Clostridium difficile* / Ambalam P., Kondepudi K., Balusupati P., Nilsson I., Wadström T., Ljungh Å. // *J Appl Microbiol.* - 2015. – Т. 119. - № 6. – С. 1672-1682.
4. Basu S., Mukherjee M. Natural Products and Their Role to Combat Microbial Infection. – 2018.
5. Fooks L.J., Gibson G.R. In vitro investigations of the effect of probiotics and prebiotics on selected human intestinal pathogens // *FEMS Microbiology Ecology*. – 2002. – Т. 39. – № 1. – С. 67-75.
6. Wong H.C., Chen Y.L. Effects of lactic acid bacteria and organic acids on growth and germination of *Bacillus cereus* // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1988. – Т. 54. – № 9. – С. 2179-2184.
7. Roe A. J. et al. Inhibition of *Escherichia coli* growth by acetic acid: a problem with methionine biosynthesis and homocysteine toxicity // *Microbiology*. – 2002. – Т. 148. – № 7. – С. 2215-2222.
8. Nealon N.J., Worcester C.R., Ryan E.P. *Lactobacillus paracasei* metabolism of rice bran reveals metabolome associated with *Salmonella Typhimurium* growth reduction // *Journal of applied microbiology*. – 2017. – Т. 122. – № 6. – С. 1639-1656.
9. Langlands S. J. et al. Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel // *Gut*. – 2004. – Т. 53. – № 11. – С. 1610-1616.
10. Cummings J.H., Macfarlane G.T. Gastrointestinal effects of prebiotics // *British Journal of Nutrition*. – 2002. – Т. 87. – № S2. – С. 145-151.
11. Lo T.S., Borchardt S.M. Antibiotic-associated diarrhea due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* // *Diagnostic microbiology and infectious disease*. – 2009. – Т. 63. – № 4. – С. 388-389.
12. Organji S. R. et al. Occurrence and characterization of toxigenic *Bacillus cereus* in food and infant feces // *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. – 2015. – vol. 5. – №. 7. – pp. 515-520.
13. Ehling-Schulz M., Fricker M., Scherer S. *Bacillus cereus*, the causative agent of an emetic type of food-borne illness // *Molecular nutrition & food research*. – 2004. – vol. 48. – №. 7. – pp. 479-487.
14. Dupont D., Alric M., Blanquet S., Bornhorst G., Cueva C., et al. Can dynamic in vitro digestion systems mimic the physiological reality? // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2018. – P. 1-17.
15. Rossi M. et al. Fermentation of fructooligosaccharides and inulin by bifidobacteria: a comparative study of pure and fecal cultures // *Applied and environmental microbiology*. – 2005. – vol. 71. – №. 10. – P. 6150-6158.

УДК 623.19.47

Баурина А.В., Епишкина Ю.М., Баурин Д.В., Шакир И.В., Панфилов В.И.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ПОСТФЕРМЕНТАЦИОННЫХ СТОКОВ КУЛЬТУРОЙ *Bacillus Subtilis***Баурина Александра Владимировна**, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии; e-mail: tur.alexandra96@gmail.com**Епишкина Юлия Михайловна**, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии,**Баурин Дмитрий Витальевич** к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;**Шакир Ирина Васильевна**, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;**Панфилов Виктор Иванович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой биотехнологии

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе представлены результаты математического моделирования роста культуры *Bacillus subtilis* на фильтрате культуральной жидкости, образовавшегося в процессе получения кормового белка на комплексных гидролизатах депротеинизированного подсолнечного шрота. Были протестированы различные биологические модели и сопоставлены с экспериментальными данными роста культуры и потребления субстрата. Проведённая оценка значимости моделей показала, что модель Гомперца является наиболее подходящей для прогнозирования динамики процесса ферментации и роста культуры.

Ключевые слова: депротеинизированный подсолнечный шрот, математическое моделирование, биоконверсия, ферментационные стоки

MATHEMATICAL MODELING OF BACILLUS SUBTILIS WASTEWATER TREATMENT

Baurina A.V., Epishkina J.M., Baurin D.V., Shakir I.V., Panfilov V.I.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper presents a mathematical model and solution strategy of *Bacillus subtilis* waste water treatment, obtained during single cell protein accumulation. Different biological models were tested with the experimental data. The temporal profiles of sugar and cell concentrations were modelled by a set of ordinary differential equations. The model was validated by the experimental data and the agreement between the model and experimental results demonstrates that the Gompertz model is reasonable for prediction of the dynamic behavior of the fermentation process.

Keywords: deproteinized sunflower meal, plant raw materials, growth models, bioconversion, wastewater

При тестировании различных неструктурированных кинетических моделей подобрана оптимальная модель для описания роста культуры *Bacillus subtilis* и потребления ею редуцирующих сахаров в ходе утилизации компонентов фильтрата культуральной жидкости, образовавшегося в качестве побочного продукта при наработке биомассы кормовых дрожжей *S.cerevisiae* на комплексных гидролизатах депротеинизированного подсолнечного шрота. Для

сравнения были выбраны основные неструктурированные модели, описывающие рост популяции микроорганизмов: Логистическая модель, модель Гомперца, Ричардса и Станнарда, представленные в таблице 1. В качестве исходных данных были использованы результаты культивирования *Bacillus subtilis* на фильтрате культуральной жидкости после получения кормовых дрожжей, а также динамика потребления редуцирующих сахаров в ходе ферментации.

Таблица 1. Выбранные неструктурированные кинетические модели, описывающие рост популяции микроорганизмов

№	Название модели	Уравнение модели
1	Логистическая модель	$y = \frac{a}{1 + \exp(b - cx)}$
2	Модель Гомперца	$y = a \cdot \exp[-\exp(b - cx)]$
3	Модель Ричардса	$y = a \cdot \exp[1 + \exp(b * (c - x))]^{\frac{1}{b}}$
4	Модель Станнарда	$y = a \cdot [1 + \exp\left(-\frac{d - b * x}{c}\right)]^{-c}$
5	Модель Моно	$y = \frac{mx * x}{(x + Ks)}$

Модели 1–4 использовались для описания роста биомассы, в то время как модель 5 использовалась для описания потребления редуцирующих сахаров. Для определения параметров модели и проверки адекватности описания экспериментальных данных использован инструмент Curve Fitting Tool (MATLAB R2015b). На основании экспериментальных данных о росте культуры и потребления микроорганизмами

редуцирующих сахаров написана рабочая программа (MATLAB R2015b), позволяющая получить графики кривых роста культуры, содержащих экспериментальные данные и графики расчётных моделей. Полученные кривые представлены на рисунке 1. Скорость роста микробной популяции при периодической ферментации графически представлена наклоном кривой роста в каждой точке $\mu(t)$; эта функция имеет максимум, $\text{Max}(\mu)$.

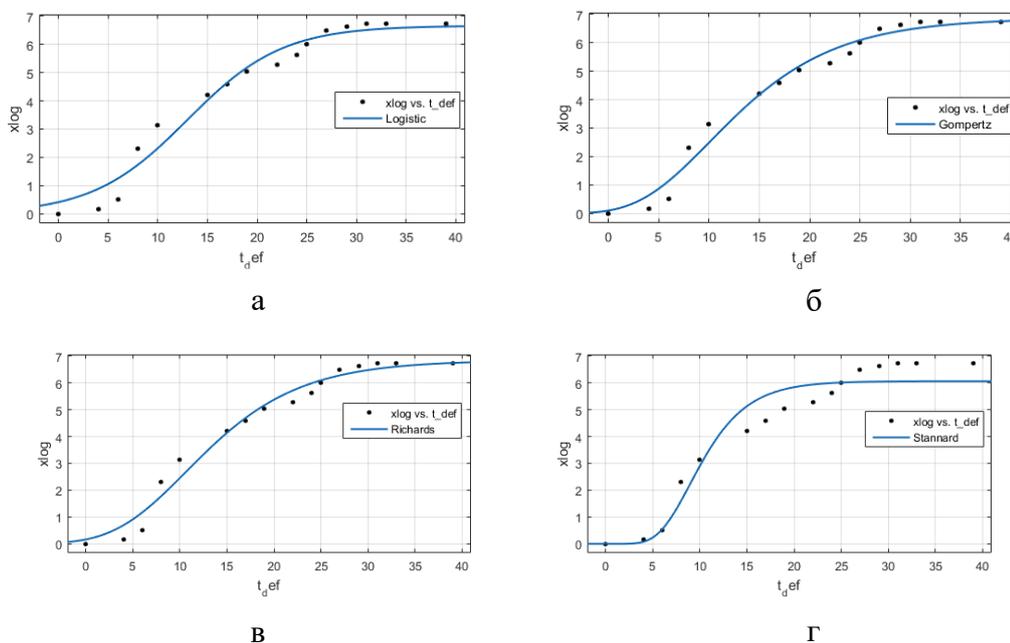


Рисунок 1. Графики неструктурированных кинетических моделей, полученных с помощью Curve Fitting Tool (MATLAB R2015b), (а) Логистическая модель, (б) модель Гомперца, (в) модель Ричардса, (г) модель Станнарда

Полученные коэффициенты для четырёх моделей, описывающие рост микробной популяции представлены в Таблице 2. Наибольшее значение для параметра «а» зарегистрировано в модели Гомперца (6,866), далее следует модель Ричардса (6,841), в то время как наименьшее значение зарегистрировано в модели Станнарда (6,066). Наибольшее значение параметра «б» (константа модели) зафиксировано для логистической модели (2.711), в то время как модель Станнарда имеет

наименьшее значение (-569.7). Для параметра «с» (относительная скорость роста) модель Станнарда (1920) имеет самое высокое значение, а модель Ричардса (-1,925) - наименьшее. Параметр «d» (параметр формы или кривой) существует только для модели Станнарда (9409). Для выбора оптимальной модели использовано значение параметра R^2 , которое составило для логистической модели, модели Гомперца, Ричардса и Станнарда 0,9672, 0,9793, 0,9774 и 0,9411 соответственно.

Таблица 2. Коэффициенты полученных неструктурированных кинетических моделей, описывающих рост *B.subtilis* на фильтрате культуральной жидкости

Параметры модели	Наименование модели			
	Логистическая	Гомперц	Ричардс	Станнард
a	6.659	6.866	6.841	6.066
b	2.711	1.437	0.1504	-569.7
c	0.2089	0.1423	-1.925	1920
d	-	-	-	9409
R^2	0.9672	0.9793	0.9774	0.9411
SSE	2.929	1.854	2.02	5.27
RMSE	0.4747	0.3777	0.3942	0.6627

Модель Гомперца имеет максимальное значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,9793$), а модель Станнарда - наименьшее ($R^2 = 0,9411$). Напротив, в модели Станнарда наблюдалось наибольшее значение суммарной квадратичной ошибки ($SSE = 5,27$) и среднеквадратичной ошибки модели ($RMSE = 0,6627$), в то время как в модели Гомперца значение суммарной квадратичной ошибки ($SSE = 1,854$) и среднеквадратичной ошибки модели ($RMSE = 0,3777$) наименьшее. Коэффициент детерминации R^2 в целом высокий для всех моделей ($0,9411 \div 0,9774$), что указывает на то, что предложенные неструктурированные кинетические модели адекватно описывают полученные экспериментальные данные.

Модель Моно была предложена для описания потребления бактериями пентозной фракции фильтрата культуральной жидкости в экспоненциальной фазе. Однако, согласно экспериментальным данным, в течение первых 6 часов ферментации происходило образование сахаров в среде за счёт синтеза целлюлаз культурой *B. subtilis* с последующим ферментативным гидролизом неметаболизированных олигосахаридов. Поскольку модель Моно не объясняет образование моносахаридов во время ферментации, исходная концентрация редуцирующих сахаров была принята равной концентрации сахаров на 6-й час ферментации (7,06 г/л). Для определения параметров модели Моно $\mu_{\text{m}} = 77,52$ и $K_s = 1276$ использовался инструмент Curve Fitting Tool (MATLAB R2015b). На рисунке 2 представлены графики экспериментальных данных, а также моделей Гомперца и Моно, описывающие накопление биомассы и потребление редуцирующих сахаров соответственно.

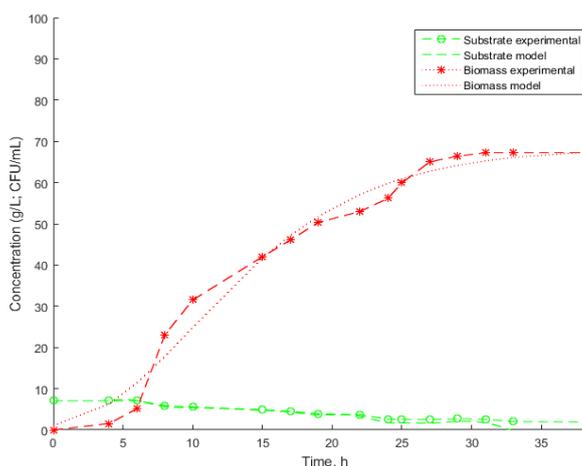


Рисунок 2. Графики экспериментальных данных роста *B.subtilis* и потребления субстрата, описанные моделями Гомперца и Моно

Использование бактерий для утилизации компонентов сточных вод при производстве кормовой биомассы является сложным для прогнозирования процессом. Для получения полной картины процесса, а также во избежание высоких затрат на энергетическое и сырьевое обеспечение процесса, предложено использование некоторых

кинетических моделей для иллюстрации кинетики накопления биомассы во времени. Высокое значение коэффициента детерминации R^2 для всех моделей показал, что они адекватно описывают ферментацию *B.subtilis* на среде, обогащённой неметаболизированными олигосахаридами. Основываясь на критериях достоверности (значение R^2 , SSE , $RMSE$), модель Гомперца наилучшим образом описывает экспериментальные данные культивирования *B.subtilis*. Сравнение экспериментальных данных с результатами математического моделирования не показало существенных различий. В перспективе математическая модель позволит лучше понять влияние различных факторов (pH, температура и продолжительность предварительной обработки) на утилизацию компонентов ферментационных стоков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта (№ 18-38-00628\18).

Список литературы

- Villas-Bôas S. G., Esposito E., Mitchell D. A. Microbial conversion of lignocellulosic residues for production of animal feeds //Animal Feed Science and Technology. – 2002. – vol. 98. – №. 1-2. – p. 1-12.
- Tur A. V. et al. Optimisation of deproteinized plant raw material pretreatment conditions for obtaining fodder biomass //International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management. – 2017. – vol. 17. – p. 295-302.
- Sharma M., Kumar Bajaj B. Optimization of bioprocess variables for production of a thermostable and wide range pH stable carboxymethyl cellulase from Bacillus subtilis MS 54 under solid state fermentation //Environmental Progress & Sustainable Energy. – 2017. – vol. 36. – №. 4. – p. 1123-1130.
- Perni S., Andrew P. W., Shama G. Estimating the maximum growth rate from microbial growth curves: definition is everything //Food microbiology. – 2005. – vol. 22. – №. 6. – p. 491-495.
- Olaoye O. S., Kolawole O. S. Modeling of the kinetics of ethanol formation from glucose biomass in batch culture with a non structured model //Int. J. Eng. Res. Appl. – 2013. – vol. 3. – №. 4. – p. 562-565.
- Sultana S. et al. A mathematical model for ethanol fermentation from oil palm trunk sap using Saccharomyces cerevisiae //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2017. – vol. 890. – №. 1. – p. 012050.
- Vázquez J. A., Murado M. A. Unstructured mathematical model for biomass, lactic acid and bacteriocin production by lactic acid bacteria in batch fermentation //Journal of chemical technology and biotechnology. – 2008. – vol. 83. – №. 1. – p. 91-96.
- M.H., Zwietering, I. Jongenburger, F. Rombouts, and K. Van't Rient, Modeling of bacteria Growth Curve: Applied and Environmental Microbiology. – 1990. – vol. 56. – №. 6. – p. 1875-1881.
- Pirt S. J. et al. Principles of microbe and cell cultivation. – Blackwell Scientific Publications., 1975.

УДК 60

Беспалова О.С., Суясов Н.А., Макарова М.И., Самосадов М.С.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СООБЩЕСТВА МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ *METHYLOMONAS METHANICA*

Беспалова Ольга Сергеевна, студентка 4 курса факультета Биотехнологии и промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева, e-mail: olga9078@mail.ru;

Суясов Николай Александрович, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Макарова Марина Игоревна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Самосадов Максим Сергеевич, студент 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*Исследовалась возможность направленного формирования сообщества на основе *Methylomonas methanica*. Были проанализированы показатели накопления биомассы при культивировании *Methylomonas methanica* и микробной ассоциации на её основе в метан-воздушной и метан-этан-воздушной атмосфере. Показано, что при культивировании ассоциативной культуры на метан-этановой смеси концентрация биомассы увеличивается на 44% по сравнению с монокультивированием.*

Ключевые слова: метаноокисляющие микроорганизмы; микробные сообщества; кормовой белок.

STUDY OF THE PROPERTIES OF A COMMUNITY OF METHANE-OXIDIZING MICROORGANISMS BASED ON *METHYLOMONAS METHANICA*

Bespalova O.S., Suyasov N.A., Makarova M.I., Samosadov M.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The possibility of directed microbial community formation based on *Methylomonas methanica* was investigated. The indicators of biomass accumulation during the cultivation of the monoculture *Methylomonas methanica* and the microbial association with its participation in the methane-air and methane-ethane-air atmosphere were analyzed. It has been shown that the cultivation of an associative culture with the use of methane-ethane mixture increases the biomass concentration by 44% compared with monocultivation.*

Keywords: methane-oxidizing microorganisms, microbial community, feed protein.

Метаноокисляющие бактерии представляют собой обособленную группу микроорганизмов, отличительной особенностью которых является использование метана и продуктов его частичной диссимилиации в качестве единственного источника углерода и энергии. Основным сырьем для выращивания метанотрофов является природный газ, содержание метана в котором составляет 70 – 98%, в зависимости от месторождения, на остальную долю приходится его гомологи: этан, пропан, бутан и т.д. Данные примеси не только не способствуют, но иногда и подавляют рост микроорганизмов. Аналогичное влияние оказывают продукты метаболизма, образующиеся и накапливающиеся в культуральной жидкости вследствие т.н. соокиления – способности метанотрофов окислять в присутствии метана различные органические соединения, не используя их как источник углерода [1]. Для удаления из среды ингибирующих соединений, а также стабилизации процесса целесообразно использовать сообщества микроорганизмов. Кроме того доказано, что

сопутствующая микрофлора положительно влияет на скорость роста и количество биомассы.

В ходе исследований было установлено, что в состав ферментационной среды при культивировании входят основной штамм-продуцент, автохтонная (сопутствующая) и аллохтонная (случайная) микрофлора, а также патогенные микроорганизмы. Сопутствующая микрофлора – бактерии, которые постоянно присутствуют в сообществе в доминирующем количестве. Они ассимилируют экзометаболиты основного штамма и усваивают гомологи метана (C₂-C₄). Случайная микрофлора – микрофлора, которая попадает в культуральную жидкость с поступающими потоками воды, газовой смеси, воздуха. Не оказывает влияния на процесс, но способна активно развиваться при нарушении физико-химических параметров. Инфицирующая микрофлора – условнопатогенные или патогенные микроорганизмы, присутствие которых является показателем нарушения процесса. Развиваются на продуктах лизиса метанотрофов [2].

Продукты биоконверсии природного газа в микробную биомассу представляют интерес для медицины, пищевой промышленности, сельского хозяйства. Метанотрофы широко применяются для получения кормового белка – гаприна, который представляет собой биомассу инактивированных клеток метанооксиляющих микроорганизмов. По составу это продукт с высоким содержанием белка (70-79%), витаминов, аминокислот и микроэлементов. Его получение является перспективным направлением в сельскохозяйственной отрасли России.

Целью данной работы являлось изучение возможности направленного формирования сообщества на основе *Methylomonas methanica* В-2110 и изучение показателей его роста в сравнении с монокультурой.

Культивирование микроорганизмов осуществлялось в колбах Эрленмейера объемом 1000 мл, с заполнением питательной средой 50 мл в метан-воздушной и метан-этан-воздушной атмосфере.

В качестве источников углерода использовались метан и метан-этановая смесь (92% CH_4 , 8% C_2H_6).

При проведении экспериментов использовалась среда П [1]: KNO_3 – 1,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 г/л, CaCl_2 – 0,02 г/л, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 1,5 г/л, KH_2PO_4 – 0,7 г/л, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 мг/мл, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 2,0 мг/мл, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 мг/мл, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,03 мг/мл, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 мг/мл, трилон Б (Na_2EDTA) – 5,0 мг/мл, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,03 мг/мл, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,02 мг/мл.

Источник для исследования представляет собой бактериальный штамм *Methylomonas methanica* В-2110 из Всероссийской коллекции микроорганизмов. Данный штамм обладает типичными признаками для вида *Methylomonas methanica*: клетки в форме слегка изогнутых или овальных палочек, отрицательный Г-тип. Колонии на твердой агаризованной среде округлые, выпуклые, цвет варьируется от розового до темно-коричневого. В качестве источников углерода усваивает метан и метанол (0,1%).

В ходе данной работы были исследованы показатели накопления биомассы при монокультивировании *Methylomonas methanica* В-2110, а также искусственно сформированной ассоциации.

Для проведения процесса совместного культивирования с использованием *Methylomonas methanica* В-2110 был выделен основной спутник из промышленного сообщества на основе *Methylococcus capsulatus*. Выделение осуществлялось путем высева на твердую агаризованную среду L-бульон. Полученный микробный изолят представлял собой Г⁺-палочки, на агаризованной среде развиваются в виде выпуклых округлых колоний полупрозрачного бежевого цвета. В результате генетической идентификации определено, что данный микроорганизм принадлежит к виду *Cupriavidus gilardii*.

Для данного штамма была исследована возможность использования различных соединений в качестве источника углерода. Установлено, что *Cupriavidus gilardii* способен усваивать глюкозу, пептон, метанол, этанол, изопропиловый спирт и бутанол-1.

Показатели роста монокультуры *Methylomonas methanica* В-2110 в метан-воздушной и метан-этан-воздушной атмосфере представлены на рис.1.

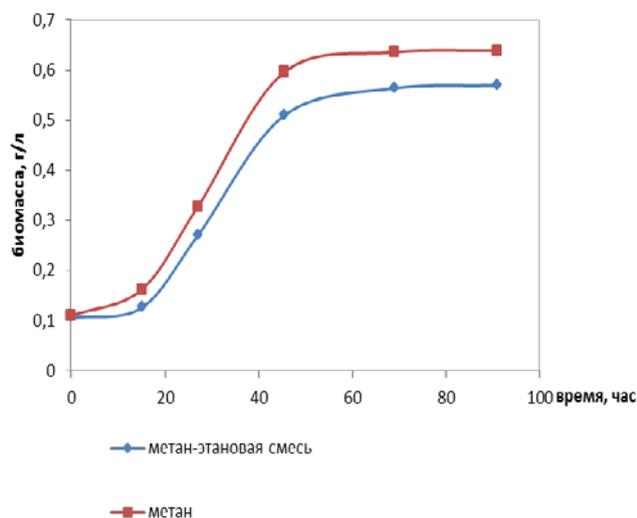


Рис. 1. Динамика роста монокультуры *Methylomonas methanica* В-2110 на различных субстратах

Как видно из полученных данных, показатели накопления биомассы в метан-этан-воздушной атмосфере составило 0,57 г/л, в то время как в метан-воздушной данный показатель достиг 0,64 г/л, из чего можно заключить, что присутствие этана в атмосфере культивирования подавляет рост целевого штамма. Такой эффект, по-видимому, обусловлен тем, что этан подвергается окислению метанмонооксигеназой с образованием этанола, который способен ингибировать рост метанооксиляющих бактерий.

Исследование сообщества осуществлялось с помощью контроля показателей накопления биомассы и количества микроорганизмов-спутников. Количество микроорганизмов-спутников определялось путем высева проб на агаризованную среду L-бульон. Закономерно, что число спутников в метан-этан-воздушной атмосфере на несколько порядков выше, чем в метан-воздушной, при этом их количество в обоих экспериментах сохраняется на одном уровне и даже несколько увеличивается в ходе пересевов, что говорит об устойчивости данной микробной ассоциации.

Показатели накопления биомассы микробной ассоциацией представлены на рис. 2.

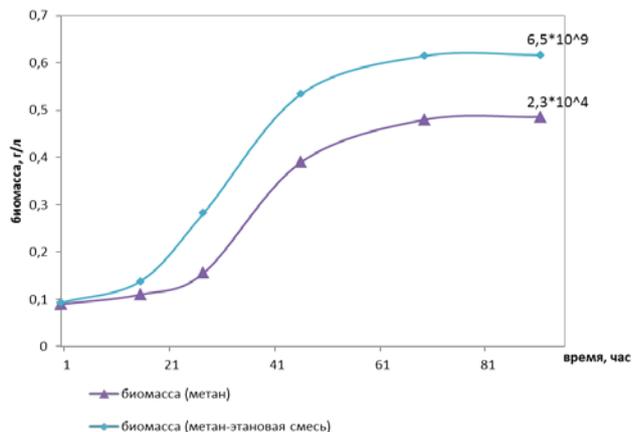


Рис. 2. Показатели накопления биомассы смешанной культуры. Числами указан титр микроорганизма-спутника

В метан-воздушной атмосфере концентрация биомассы достигает 0,57 г/л, что незначительно отличается от показателя для монокультуры, в то время как в метан-этан-воздушной данный показатель достиг 0,64 г/л.

Такой результат, по-видимому, обусловлен присутствием этана, который окисляется ммо до этанола и ассимилируется бактериями-спутниками, тем самым способствуя их активному росту.

На основании полученных данных можно говорить о том, что использование ассоциативной культуры является целесообразным при культивировании на природном газе.

Присутствие значительного количества сопутствующей микрофлоры говорит о том, что

бактерии-спутники активно усваивают этанол – продукт соокисления метанотрофных бактерий. Показатели роста чистой культуры в тех же условиях ниже, так как этанол способен ингибировать развитие метанооксиляющего штамма.

В атмосфере чистого метана наблюдается значительный рост монокультуры *Methylomonas methanica* по сравнению со смешанной. При культивировании микробного сообщества сопутствующая микрофлора присутствует в гораздо меньших количествах по причине отсутствия примесных газов. Незначительное число спутников говорит о том, что они ассимилируют метанол (промежуточный метаболит в цепи окисления метана метанотрофными бактериями) в качестве источника углерода.

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что при использовании природного газа целесообразно применение смешанных культур, которые могут быть сформированы искусственно, в частности, при выделении микроорганизмов из других сообществ.

Список литературы

1. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии// М.:ГЕОС. 2001. 500с.
2. Харченко И. В. Роль сопутствующей микрофлоры при производстве гаприна в районе Нижнего Поволжья: дис...канд. биол. наук: 03.00.23. – Москва, 1993. – 131 с.

УДК 502.17

Волосатова Е.Ф., Диканская О.П., Тихонова И.О.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НДТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Волосатова Елизавета Феликсовна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии; e-mail: lvolosatova.1996@yandex.ru

Диканская Ольга Павловна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Тихонова Ирина Олеговна, к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе проанализирована возможность применения межотраслевых (горизонтальных) справочников ИТС НДТ к предприятиям фармацевтической промышленности. Были идентифицированы потенциальные НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: фармацевтическое предприятие, наилучшие доступные технологии, снижение негативного воздействия на окружающую среду

IDENTIFICATION OF BAT AT THE ENTERPRISES OF THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

Volosatova E.F., Dikanskaya O.P., Tikhonova I.O.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper analyzes the possibility of using cross-sectoral (horizontal) reference books of the best available technologies (BAT) for the pharmaceutical industry. Potential bats aimed at reducing the negative impact on the environment were identified.

Keywords: pharmaceutical enterprise, the best available technologies, reduction of negative impact on the environment

В последнее время во всем мире стали уделять большое внимание разработке и внедрению способов снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду [1]. Во многих странах начато внедрение наилучших доступных технологий (НДТ), что способствует существенному улучшению экологического состояния промышленных регионов. В настоящее время в Российской Федерации активно создается нормативно-правовая база в области НДТ.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 28.09.2015 №1029 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий" [3], предприятия фармацевтической промышленности относятся к объектам I категории. На них распространяются требования по НДТ и получение КЭР.

В Московской области к таким предприятиям относятся: ФГУП «НПО "Микроген"», ФГУП НПЦ «Фармзащита», АО «Завод Химреактивкомплект», ООО «МНПК "Биотики"», ООО «ФАРМАПАРК», ФГУП ГНЦ НИОПИК (Опытное производство), АО «Биомед» им. И.И. Мечникова.

Для получения КЭР (см. Постановление по заявке на КЭР [2]) необходимо идентифицировать НДТ на предприятии. Поскольку фармацевтические предприятия, хотя и являющиеся объектами I

категории по степени негативного воздействия на окружающую среду, не охвачены перечнем ИТС – необходимо воспользоваться межотраслевыми ИТС ("горизонтальными") и проводить оценку для каждого конкретного фармацевтического предприятия.

Для идентификации НДТ на фармацевтическом предприятии была проведена оценка потенциальных НДТ с использованием следующих ИТС НДТ:

- ИТС 9 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)»;
- ИТС 15 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))»;
- ИТС 17 «Размещение отходов производства и потребления»;
- ИТС 22 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»;
- ИТС 22.1 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»;
- ИТС 47 «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности»;

• ИТС 48 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности».

На основе приведенных выше справочников, можно составить перечень НДТ применимых для фармпредприятий.

Для идентификации НДТ в области очистки выбросов вредных веществ в атмосферный воздух можно использовать ИТС- 22 и ИТС - 47. Данные справочники содержат НДТ, относящиеся ко всей области применения: организационно-управленческого характера, в области энерго- и ресурсосбережения, производственного экологического контроля (ПЭК), предотвращения негативного воздействия обработки отходящих газов на окружающую среду, предотвращения и сокращения образования запахов, предотвращения или сокращения шумового воздействия; а так же НДТ, направленные на очистку выбросов в атмосферный воздух от основных вредных (загрязняющих) веществ в приоритетных областях применения.

В области очистки сточных вод (СВ) воспользуемся ИТС - 8 и ИТС - 47, которые так же содержит НДТ, относящиеся ко всей области применения: организационно-управленческого характера, в области энерго- и ресурсосбережения, ПЭК, предотвращения негативного воздействия обработки СВ на окружающую среду, недопущения сбросов и утечек неочищенных СВ из систем их транспортирования на очистные сооружения, предотвращения и сокращения образования газовых выбросов и запахов из систем сбора и очистки СВ; и так же НДТ, направленные на очистку СВ от основных вредных (загрязняющих) веществ в приоритетных областях применения.

В области обращения с отходами следуют к применению ИТС - 9, ИТС - 15 и ИТС - 17. НДТ, относящиеся ко всей области применения: организационно-управленческого характера, в области энергоэффективности; НДТ утилизации и обезвреживания отходов; НДТ в сфере

обезвреживания отходов термическим способом; НДТ размещения отходов: при обустройстве противофильтрационных экранов, при обустройстве противофильтрационных завес, при укреплении откосов, при эксплуатации объектов размещения отходов, при размещении отходов обрабатывающих и иных производств навалом (насыпью), при обращении с фильтрационными, дренажными, тальми и ливневыми водами, при обращении с выбросами в атмосферу, при закрытии объектов размещения отходов.

А также НДТ энергоэффективности – ИТС-48 и производственного экологического контроля (ПЭК) – ИТС-22.1.

Для правильного применения НДТ на конкретном предприятии необходимо знать какая продукция и из какого сырья производится, технологические характеристики предприятия, особенности процессов, технические характеристики оборудования и др. Это важно, т.к. правильно подобранные НДТ позволят снизить уровень антропогенного воздействия на окружающую среду, повысить энергетическую эффективность и ресурсосбережение производства.

Список литературы

1. Д.О. Скобелев, Е.И. Выбойченко, В.П. Коваленко - Наилучшие доступные технологии как инструмент развития промышленных предприятий и улучшения экологии // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - №4. - 2015. - с.65.
2. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 N 1029 "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий"
3. Постановление Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 143 "О порядке выдачи комплексных экологических разрешений, их переоформления, пересмотра, внесения в них изменений, а также отзыва".

УДК 661.183.2

Бу Ким Лонг, Тхи Тхо Хоанг, Нистратов А.В., Клущин В.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ ОРГАНОПЛАСТИКОВ

Бу Ким Лонг*, аспирант кафедры промышленной экологии; e-mail: relation.kl@gmail.com*

Тхи Тхо Хоанг, магистратура кафедры промышленной экологии;

Нистратов Алексей Викторович, к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии;

Клущин Виталий Николаевич, д.т.н., профессор кафедры промышленной экологии.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125047, Москва, Миусская пл., д. 9.

*Исследовано влияние дозы углеродного волокна (в роли армирующего компонента) на прочность гранул активных углей на основе отходов органопластиков. Показано, что армированные гранулированные активные угли имеют не только увеличенную прочность, но и сохраняют высокую пористость.***Ключевые слова:** отходный органопластик; химическая активация; высокопористый активный уголь; пористая структура; углеродное волокно; прочность**IMPROVING THE STRENGTH OF HIGH-POROUS ACTIVE CARBONS FROM WASTE ORGANOPLASTIC**

Vu Kim Long, Hoang Thi Tho, Nistratov A.V., Klushin V.N.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The effect of carbon fiber dose (as a reinforcing component) on the strength of activated carbon granules based on organic plastic wastes was investigated. The results of laboratory tests showed that the active carbons obtained by this method not only increase the strength, but also retain a high porosity.***Key words:** waste organic plastic; chemical activation; high-porous activated carbon; porous structure; carbon fiber; strength.

Одним из перспективных решений для утилизации отходов изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе органопластиков (ОП) является метод химической активации с гидроксидом калия [1-3]. В сочетании с процедурой грануляции сырья этим методом получены гранулированные активные угли (ГАУ) весьма высокого качества, что расширяет области их применения, однако их недостатком является относительно невысокая (на уровне 60 %) прочность при истирании [4].

В этой связи в настоящем исследовании в процессе грануляции к сырьевой пасте добавлено углеродное волокно (в роли армирующего компонента), полученное путём прокалывания отходов углепластиков при 800 °С в течение 1 ч [5]. Цель настоящего исследования - выявить связь добавки этого наполнителя с прочностью ГАУ при сохранении его свойств как адсорбента.

Приготовление образцов ГАУ осуществляли по следующей процедуре. Фрагменты отходов ткани из органопластика (препрега) О-2 размером ~2x2 см пропитывали в течение 3 ч 40 %-ным раствором КОН с обеспечением отношения масс сырья и КОН, равным 1:1,6, продукт пропитки высушивали в сушильном шкафу при 110±5 °С до постоянной массы. Высушенный импрегнат измельчали в порошок с

размером частиц < 0,5 мм. К этому сырью при температуре 80-90 °С добавлено 22 % по его массе каменноугольной смолы (КУС) и от 0,5 до 1,8 % масс. названного армирующего компонента. Приготовленную пасту путем прессования в пластиковом шприце превращали в гранулы диаметром 10 и длиной 10 мм. Сырые гранулы подсушивали на воздухе в течение 2 суток, после чего подвергали пиролизу со скоростью нагревания 15 °С/мин до 780 °С и выдержкой при этой температуре в течение 1 ч. Полученный продукт промывали дистиллированной водой до pH~8, после чего вновь высушивали при 110±5 °С до постоянной массы и оценивали его свойства (табл. 1).

Пористая структура полученных ГАУ оценена путем измерения объёмов пор разных размеров (метод «молекулярных щупов») и суммарного объёма пор (кипячение в воде), а прочность при сжатии измерена с помощью испытательной машины AGS-X. Согласно результатам, охарактеризованным в таблице 1, очевидно, что объёмы микро- и мезопор мало зависят от массы добавки волокна. Это свидетельствует о практической сохранности важнейших поглотительных свойства адсорбентов. Практически важна и полученная закономерность изменения значения прочности на сжатие гранул адсорбентов (рис. 1).

Таблица 1. Свойства активных углей на основе органопластика при разных дозах армирующего компонента

Характеристика активных углей	Номер образца					
	1	2	3	4	5	
Доза добавки волокна к сырьевой композиции, %	0	0,5	1	1,5	1,8	
Суммарный объём пор по воде, см ³ /г	2,56	2,35	2,48	2,39	2,36	
Объём сорбирующих пор по парам, см ³ /г:	H ₂ O	0,306	0,380	0,370	0,336	0,290
	C ₆ H ₆	0,548	0,432	0,459	0,462	0,402
	CCl ₄	0,363	0,338	0,312	0,337	0,271
Средняя прочность при сжатии, Н/мм ²	0,384	0,825	1,282	0,314	-	

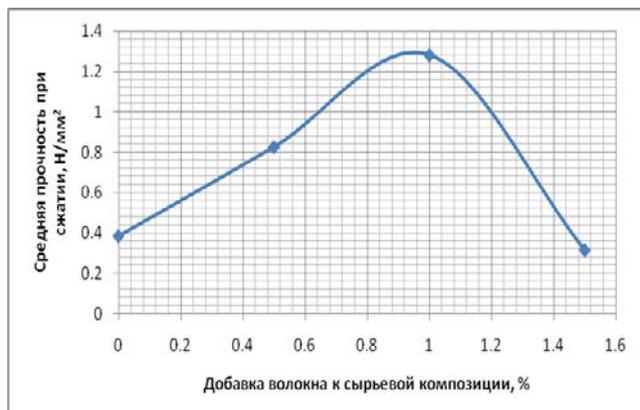


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии от доза волокна

Приведенная информация свидетельствует, что максимальную прочность при сжатии обеспечивает

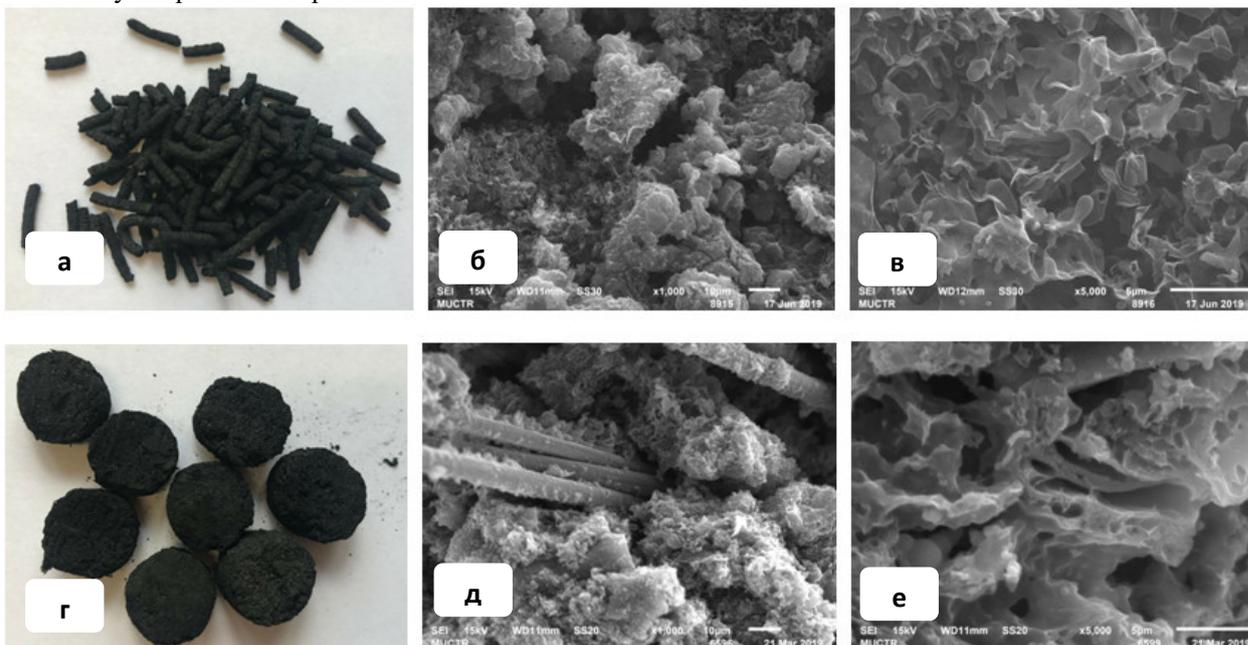


Рис. 2. Фотографии поверхности с разрешением x1, x1000 и x5000 активного угля с армированием добавкой 1% волокон (соответственно г, д, е) и без добавок (соответственно а, б, в)

Следует отметить, что углеродные волокна внутри гранулы угля (рис. 2е) частично покрыты углеродным веществом, образованным из каменноугольной смолы, что обуславливает не только высокую структурную прочность, но, вероятно, и химическую связь этого вещества с углеродной матрицей.

Таким образом, добавление небольшого количества углеродного волокна (1% масс) значительно увеличивает прочность гранул при сжатии (примерно в 3 раза), но характерные адсорбционные свойства активного угля практически не изменяются. Эти обстоятельства указывают на перспективность совершенствования качественных свойств активного угля на основе отходов органопластиков охарактеризованным способом.

Список литературы

1. Храмова Г.Б. Разработка технологии получения активных углей из отходов органопластиков. Дисс. к.т.н. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1992.

армирование добавкой 1 % масс. вторичного углеродного волокна (в 3 раза больше, чем у образца без добавок). Для дальнейшего изучения качества армированного образца активного угля проведен анализ их адсорбционной способности по йоду и метиленовому голубому. Полученные результаты, соответственно, составляют 1200 мг/г и 354 мг/г по сравнению со 1208 мг/г и 356 мг/г у образца без добавок армирующего компонента, что подтверждает сделанное выше заключение. По данным метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), выполненной в ЦКП РХТУ имени Д.И. Менделеева, разрешение x5000 показывает аналогичную структуру поверхности активного угля с добавкой 1% волокон (рис. 2е) и без добавки (рис. 2в).

- Li M, Li W, Liu S (2011) Hydrothermal synthesis, characterization, and KOH activation of carbon spheres from glucose. *Carbohydr Res* 346(8):999–1004
- Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2015. - №8. - С. 09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 07.09.2016).
- Мухин В. М. и др. Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе: Каталог/Под общ. ред. В. М. Мухина. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 208 с.
- Ву Ким Лонг, Нистратов А.В., Клущин В.Н. Оценка целесообразности переработки отходов угле- и органопластиков в углеродные адсорбенты// *Успехи в химии и химической технологии*. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2017. Т. XXXI. № 9. С. 51-53.

УДК 602.3:579.8

Епишкина Ю.М., Баурина А.В., Баурин Д.В., Шакир И.В., Панфилов В.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗАТОВ БЕЛКА ПОДСОЛНЕЧНИКА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА В ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Епишкина Юлия Михайловна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: epishkina.yulia2906@gmail.com

Баурина Александра Владимировна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Баурин Дмитрий Витальевич к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Шакир Ирина Васильевна, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Панфилов Виктор Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой биотехнологии,

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе представлены результаты исследования возможности использования гидролизата белка подсолнечника в качестве источника органического азота в питательных средах как альтернатива использованию коммерческого пептона. Гидролиз концентрата проводили коммерческими ферментными препаратами протеолитического действия, такими как Proteinase T, Protex 7L, Protex 40E (Danisco Genecor, Дания) и панкреатин (Биосинтез, Российская Федерация). В результате гидролиза содержание аминного азота увеличилось и достигло 2,8 мг/мл. Аминный азот определяли методом Серенсена (метод формольного титрования). В качестве тестируемого объекта был выбран штамм Bacillus cereus ВП – 46.

Ключевые слова: *изолят белка, белок подсолнечника, растительный пептон, ферментативный гидролиз, источник азота*

SUNFLOWER PROTEIN HYDROLYSATES AS A SOURCE OF ORGANIC NITROGEN FOR NUTRIENT MEDIUM.

Epishkina J.M., Baurina A.V., Baurin D.V., Shakir I.V., Panfilov V.I.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper presents the results of research the possibility of using sunflower protein hydrolysates as a source of organic nitrogen for nutrient media as an alternative to using commercial peptone. Concentrate hydrolysis was carried out using commercial enzyme proteolytic preparations, such as Proteinase T, Protex 7L, Protex 40E (Danisco Genecor, Denmark) and Pancreatin (Biosynthesis, the Russian Federation). As a result of hydrolysis, the content of amine nitrogen increased and reached 2.8 mg / ml. Amine nitrogen was measured by Sørensen method (formaline titration method). The strain Bacillus cereus BP – 46 was chosen as test objects and they proved to accumulate a significant amount of biomass with high cell count per ml.

Keywords: *protein isolate, sunflower protein, plant peptone, enzymatic hydrolysis, nitrogen source*

Мировое производство семян подсолнечника составило около 33 миллионов тонн, что составляет около 8,5% от общего производства масличных культур в мире. Ведущими производителями являются ЕС, Россия, Украина, Аргентина, США, Китай, Индия и Турция [1]. Жмых или шрот являются побочным продуктом экстракции масла из семян и в основном состоят из белков, клетчатки и минералов. В 2011 году производство подсолнечного шрота оценивалось в 14,9 млн тонн. Учитывая высокую ценность вторичного сырья и его многотоннажное производство. В последнее время возрос интерес к его переработке и выгодному использованию. Шрот подсолнечника часто использовался в качестве корма для животных [2]. Недавно появились новые альтернативы традиционным применениям, позволяющие

получать продукты с высокой добавленной стоимостью и представляющие промышленный интерес [3]. Во многих коммерческих питательных средах пептон используется в качестве источника азота. Сырьём для получения пептона может быть соевый шрот [4], рапсовый шрот, рыбный шрот [5] и шрот подсолнечника. Пептон может быть получен с помощью кислотного гидролиза, либо путем ферментативного расщепления белков. Кислотный гидролиз дает высокий выход, но разрушает некоторые аминокислоты в отличие от ферментативной обработки. Ферментативный гидролиз может быть проведен в мягких условиях, при которых не происходит распада аминокислот и сохраняется пищевая ценность.

Пептон используют при приготовлении питательных сред в качестве источника

органического азота и получают путем гидролиза различных источников белковых соединений. В этой статье было предложено использовать концентрат белка подсолнечника в качестве субстрата для гидролиза. Концентрат белка подсолнечника был получен на кафедре биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева в предыдущих исследованиях [6]. Гидролиз концентрата проводили различными коммерческими ферментными препаратами протеолитического действия в течение 24 часов в оптимальных условиях для каждого ферментного препарата. Гидролиз проводили в соотношении 1: 9, концентрат белка подсолнечника : H₂O соответственно, с концентрацией фермента 1% от массы субстрата. После гидролиза образцы подвергали центрифугированию при 8000 об/мин в течение 10 минут при температуре 4°C «Centrifuge5810» (Eppendorf, Германия). Затем супернатант отделяли декантированием. Для стерилизации полученного супернатанта использовали стерилизующую систему фильтрации с размером пор 0,22 мкм. Гидролиз этого концентрата коммерческими протеазами, такими как Proteinase T, Protex 7L, Protex 40E (Danisco Genecor, Дания) и панкреатин (Биосинтез, Российская Федерация), приводит к получению гидролизата белка с более высоким содержанием аминокислот. В качестве контрольного использовали образец не содержащий фермент в своем составе и также подвергали его гидролизу. По окончании гидролиза для определения содержания аминокислот использовали метод формольного титрования (метод Серенса). Результаты представлены на рисунке 1. Анализ полученных данных показал, что максимальное содержание азота, определенное в образце, гидролизованном препаратом Protex 40E, составило 2,8 мг/мл. Protex 40 E представляет собой щелочную протеазу, полученную культивированием *Bacillus subtilis*. Фермент работает в широком диапазоне значений pH с оптимумом 8,5 - 8,6 при температуре 60 ° C.

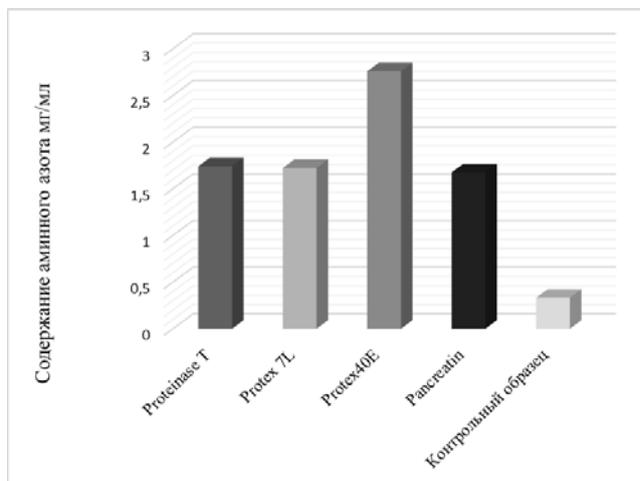


Рисунок 1. Содержание аминокислотного азота в образцах после проведения гидролиза.

После выбора ферментного препарата определяли оптимальное время гидролиза. Отбор проб проводили каждый час и анализировали изменение содержания аминокислотного азота. Оптимальное время гидролиза составило 12 часов (рис. 2). Далее изменение содержания аминокислотного азота было незначительным.

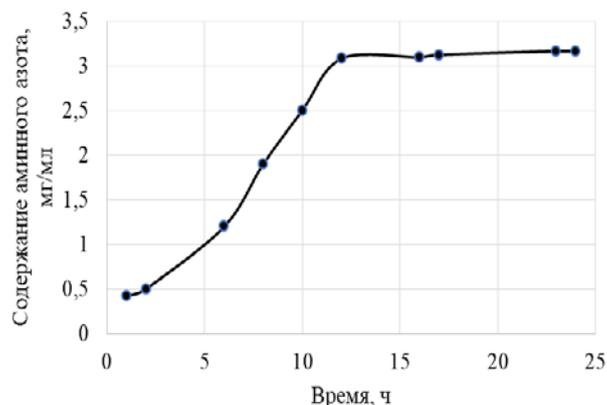


Рисунок 2. Зависимость содержания аминокислотного азота в образцах от времени гидролиза

В результате гидролиза значение pH изменилось незначительно 8,63 до 8,44. Перед проведением процесса культивирования доводили pH до 6,3. Отдельно был приготовлен раствор в соответствии с составом среды L – бульон без добавления пептона. Параллельно проводили эксперимент с использованием на стандартной среде L – бульон, имеющей следующий состав: NaCl - 2 г/л, глюкоза - 20 г/л, пептон- 10 г/л; дрожжевой экстракт - 5 г/л. Культивирование проводили в колбах Эрленмейера объемом 250 мл с рабочим объемом 100 мл при постоянном перемешивании (180 об./мин.) при температуре 37°C

В обеих средах наблюдался значительный рост культуры *Bacillus cereus* ВП – 46 (рисунок 3). Рост культуры на L-бульоне достиг своего максимального значения на 15-й час ферментации и составил $5,1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. В питательной среде, содержащей пептон подсолнечника в качестве источника азота, максимальное значение составило $5,2 \cdot 10^8$ КОЕ/мл и было достигнуто на 18 – й час культивирования.

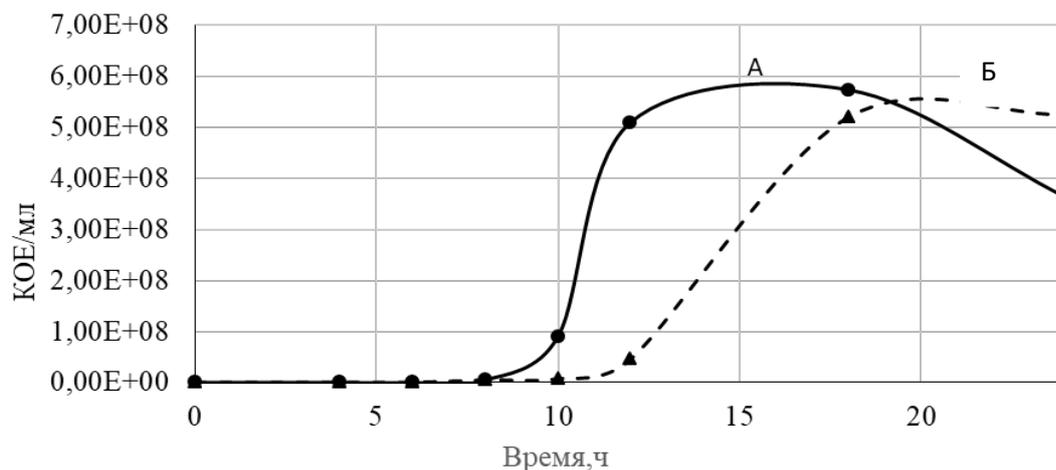


Рисунок 3. Кривая роста *Bacillus cereus* ВП – 46: А) На стандартной среде L – бульон; Б) На среде, содержащей пептон подсолнечника в качестве источника азота

Оценку роста культуры проводили при помощи микрометода, отбор проб производили каждые 2 часа. Анализ содержания аминного азота в конце ферментации составил 1,1 мг/мл в стандартной среде и 1,25 мг/мл в среде, содержащей пептон подсолнечника. Можно предположить, что более медленный рост обусловлен наличием в среде фенольных соединений, которые ингибируют рост микроорганизмов. Дальнейшему росту культуры могли препятствовать низкое содержание источника углерода или накопление метаболитов в результате роста культуры. Состав, высокая растворимость гидролизатов подсолнечника в широком диапазоне значений pH и значительное накопление биомассы с высоким количеством клеток в 1 мл доказали, что продукт обладает потенциалом для производства пептона подсолнечника и его использования в качестве источника азота для питательных сред.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-38-00628\18).

Список литературы

1. Perea-Moreno M.-A., Manzano-Agugliaro F., Perea-Moreno A.-J. Sustainable energy based on sunflower seed husk boiler for residential buildings // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing

Institute, 2018. Т. 10, № 10. С. 3407.

2. Ditta Y.A., King A.J. Recent advances in sunflower seed meal as an alternate source of protein in broilers // Worlds. Poultr. Sci. J. Cambridge University Press on behalf of World's Poultry Science Association, 2017. Т. 73, № 3. С. 527–542.

3. Yang J. и др. A value-added approach to improve the nutritional quality of soybean meal byproduct: Enhancing its antioxidant activity through fermentation by *Bacillus amyloliquefaciens* SWJS22 // Food Chem. Elsevier, 2019. Т. 272. С. 396–403.

4. Xu Y. и др. Potential yeast growth and fermentation promoting activity of wheat gluten hydrolysates and soy protein hydrolysates during high-gravity fermentation // Ind. Crops Prod. Elsevier, 2019. Т. 127. С. 179–184.

5. Kosasih W. и др. Scaling up process for fish peptone production // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. Т. 160, № 1. С. 12007.

6. Баурин Д.В. Комплексная технология переработки шрота подсолнечника с получением изолята белка и углеводно-белкового корма. Диссертация.-М.: РХТУ им. ДИ Менделеева, 2014.-160 с, 2014.

УДК 661.183.2

Еремина Е.А., Мухин В.М., Курилкин А.А., Королев Н.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ УГЛЕПЕКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ

Еремина Елена Александровна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: ereminaea.eco@yandex.ru;

Мухин Виктор Михайлович, д.т.н., профессор;

Курилкин Александр Александрович, к.т.н., инженер I категории кафедры промышленной экологии;

Королев Николай Владимирович, к.э.н., генеральный директор АО «ТопПром»;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе анализируется состояние рынка углеродных адсорбентов в России и предлагается технология их производства, основанная на процессе брикетирования и использовании отечественного сырья – каменного угля и каменноугольного пека. Внедрение предложенной технологии должно решить проблему закупок качественных активных углей за рубежом, улучшить экономическое и экологическое состояние страны.

Ключевые слова: активные угли, технология, сорбенты, адсорбенты, сорбция.

TECHNOLOGY OF OBTAINING ACTIVE CARBONS IS BASED ON MIXTURE OF COAL AND COAL-TAR PITCH

Eremina E.A., Mukhin V.M., Kurilkin A.A., Korolev N.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

In this paper the state is analyzed of the market of carbon adsorbents in Russia and offers the technology of their production, based on the process of briquetting and the use of domestic raw materials – coal and coal-tar pitch. The introduction of the proposed technology should solve the problem of purchasing high-quality active coal abroad, improve the economic and environmental condition of the country.

Keywords: active carbons, technology, sorbents, adsorbents, sorption.

В современном мире, в связи с интенсивным развитием всех отраслей промышленности, большое внимание уделяется углеадсорбционным технологиям, в частности активным углям. С помощью их пористой структуры возможно поглощать широкий спектр загрязняющих веществ из различных сред. Такие экологические угрозы, как загрязнение питьевой воды, почв пестицидами, угнетение состояния атмосферы, можно решить с помощью активных углей. С экономической точки зрения наша страна отстает от США, Японии и Европы в производстве активных углей на душу населения. В Европе этот показатель приблизительно равен 0,5 кг на человека в год, в России – 0,02 кг на человека в год. Данные показатели говорят о том, что нашей стране необходимо наращивать темпы роста производства активных углей для решения ряда экономических проблем и проблем, связанных с охраной окружающей среды и здоровьем человека [1]. В разработанной технологии использовался каменный уголь марки «Д» и пек каменноугольный электродный. Обусловлено это достаточными запасами каменного угля в России и доступность каменноугольного пека, который является остатком переработки каменноугольной смолы [2]. Предложенная технология заключается в следующих стадиях: приготовление смеси каменного угля и пека в процентном соотношении

95:5 соответственно, дроблении, размоле, брикетировании, дроблении брикетов, отсеивании фракции 0,5-3,5 мм, карбонизации, активации, охлаждении полученного продукта и отсеивании его фракции, характерные для марки УПК-3 – 0,5 – 2,5 мм. По данной схеме получения определены оптимальные технологические параметры производства. Полученный образец соответствует основным показателям качества: насыпная плотность – 430 г/дм³, суммарный объем пор – 0,92 см³/г, прочность при истирании – 90,3%, объем микропор 0,35 см³/г. Полученные активные угли могут быть использованы при получении высокоэффективных блочных, противогазовых и зерновых катализаторов, хемпоглопителей, создании средств индивидуальной защиты, санитарной очистки воздуха, в бытовых фильтрах и еще целом ряде важных производств. В мировой практике метод получения углеродных сорбентов на основе углепековой композиции является одним из самых распространенных. В США, Бельгии, Китае функционируют заводы такого типа, и продукция имеет высокие показатели качества [3].

Установлено, что при давлении менее 4 т/см² получают развитие преимущественно транспортные поры. При более высоком давлении снижается реакционная способность композиции и возрастает время активации. Поэтому предпочтение отдается давлению в 4 т/см².

Таблица 1. Характеристика активных углей, полученных при разном давлении прессования

Давление прессования, кг/см ²	Δ , г/дм ³	П, %	V_{Σ} ,		$V_{ми}$		Адсорбционная способность по		Θ , по бензолу, мин
			см ³ /г	см ³ /см ³	см ³ /г	см ³ /см ³	йоду, %	МГ, мг/г	
1000	437	71	0,90	0,43	0,30	0,16	81	233	50
2000	444	82	0,89	0,42	0,33	0,19	82	241	53
4000	464	88	0,88	0,45	0,36	0,20	84	243	56
6000	472	93	0,74	0,40	0,34	0,21	86	248	58

Δ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, V_{Σ} – суммарный объем пор, $V_{ми}$ – эффективный объем микропор, МГ – метиленовый голубой, Θ – время защитного действия.

Таблица 2. Характеристика активных углей, полученных при разной температуре карбонизации

Температура карбонизации, °С	Выход, %	Δ , г/дм ³	П, %	V_{Σ} ,		$V_{ми}$		Адсорбционная способность по		Θ , по бензолу, мин
				см ³ /г	см ³ /см ³	см ³ /г	см ³ /см ³	йоду, %	МГ, мг/г	
500	32,0	437	83	0,71	0,31	0,31	0,13	78	229	51
550	29,4	460	86	0,82	0,38	0,37	0,17	82	240	56
600	28,8	462	88	0,91	0,42	0,39	0,18	85	253	57
650	28,1	471	88	0,87	0,41	0,38	0,18	84	250	55
700	26,3	482	89	0,83	0,40	0,36	0,17	81	243	52

Δ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, V_{Σ} – суммарный объем пор, $V_{ми}$ – эффективный объем микропор, МГ – метиленовый голубой, Θ – время защитного действия.

Примечание – изотермическая выдержка 30 мин., массовая доля воды полученных образцов – 1,2%, массовая доля золы – 7,8-8,4%, выход летучих веществ – 5,6-9,2%

Из табличных данных следует, что оптимальной температурой карбонизации является 600 °С. При такой температуре сохраняются высокие

прочностные свойства и закладывается наибольшее количества кристаллитов углерода, что обеспечивает развитие высокой микропористости.

При выбранной температуре 600 °С и изотермической выдержке 30 мин. было изучено влияние скорости нагрева на свойства получаемых углей.

Таблица 3. Характеристика активных углей, полученных при разной скорости подъема температуры

Скорость подъема температуры °С/мин	Выход, %	Δ , г/дм ³	П, %	V_{Σ} ,		$V_{ми}$		Адсорбционная способность по		Θ , по бензолу, мин
				см ³ /г	см ³ /см ³	см ³ /г	см ³ /см ³	йоду, %	МГ, мг/г	
5	32,4	480	87	0,88	0,42	0,38	0,18	86	252	56
10	28,8	462	88	0,91	0,42	0,39	0,18	85	253	57
15	22,1	451	83	0,96	0,43	0,33	0,15	81	244	50
20	20,4	420	80	1,04	0,43	0,29	0,12	74	218	48

Δ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, V_{Σ} – суммарный объем пор, $V_{ми}$ – эффективный объем микропор, МГ – метиленовый голубой, Θ – время защитного действия.

Примечание – изотермическая выдержка 30 мин., массовая доля воды полученных образцов – 1,2%, массовая доля золы – 7,8-8,4%, выход летучих веществ – 5,6-9,2%

Из приведенных в таблице данных следует, что оптимальной скоростью подъема температуры является 10°С/мин. При скорости подъема выше

этого значения идет бурное выделение летучих веществ и выход продукта снижается, ухудшаются его характеристики. Скорость нагрева ниже 10°С/мин дает такие же показатели качества и выхода, как и при скорости нагрева 10°С/мин, но экономически не оправдана так как процесс протекает слишком долго.

Таблица 4. Характеристика активных углей, полученных при различном расходе пара

Расход водяного пара (в пересчете на воду), мл/час	Выход, %	Δ , г/дм ³	П, %	V_{Σ} ,		$V_{ми}$		Адсорбционная способность по		Θ , по бензолу, мин
				см ³ /г	см ³ /см ³	см ³ /г	см ³ /см ³	йоду, %	МГ, мг/г	
40	27,9	443	82	0,88	0,39	0,35	0,15	81	233	52
50	28,2	458	86	0,90	0,41	0,35	0,16	83	241	55
60	28,8	462	88	0,91	0,42	0,39	0,18	85	253	57
70	24,9	460	84	0,86	0,40	0,36	0,16	83	235	54

Δ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, V_{Σ} – суммарный объем пор, $V_{ми}$ – эффективный объем микропор, МГ – метиленовый голубой, Θ – время защитного действия.

Как следует из данных, приведенных в таблице 4, оптимальным расходом водяного пара в пересчете на воду является 60 мл/час. Уменьшение подачи пара ниже этого значения приводит к недостаточному развитию микропор, хотя выход продукта остается на высоком уровне. А повышение

расхода пара приводит к снижению выхода продукта за счет интенсивного обгара.

При выбранном расходе пара на активацию - 60 мл/час было изучено, как влияет температура активации на качество продукта.

Таблица 5. Характеристика активных углей, полученных при различной температуре активации

Температура активации, °С	Выход, %	Δ , г/дм ³	П, %	V_{Σ}		$V_{ми}$		Адсорбционная способность по йоду, %		Θ , по бензолу, мин
				см ³ /г	см ³ /см ³	см ³ /г	см ³ /см ³	МГ, мг/г		
800	29,4	460	88	0,90	0,41	0,38	0,17	84	249	56
860	28,8	462	88	0,91	0,42	0,39	0,18	85	253	57
950	23,3	444	81	0,96	0,43	0,34	0,15	81	241	53

Δ – насыпная плотность, П – прочность при истирании, V_{Σ} – суммарный объем пор, $V_{ми}$ – эффективный объем микропор, МГ – метиленовый голубой, Θ – время защитного действия.

Как следует из данных, приведенных в таблице 5, оптимальной температурой активации является 860 °С. При повышении температуры возрастает поверхностный обгар и снижается развитие микропористой структуры, что ухудшает адсорбционные свойства активных углей. Снижение температуры до 800 °С позволяет увеличить выход продукта и сохранить качественные показатели, однако значительно увеличивает время активации (в 1,5-1,8 раза), что не оправдано в производственных условиях.

На основании результатов опытов даны предложения по разработке проекта получения активных углей из углепекковой композиции методом брикетирования:

- Исходное сырье: каменный уголь марки Д и каменноугольный пек;

- Соотношение каменного угля и пека – 95:5;
- Карбонизация смеси при температуре 600 °С;
- Скорость подъема температуры при карбонизации – 10 °С/мин;
- Активация при температуре 860 °С;
- Расход пара при активации 60 мл/час в пересчете на воду.

Список литературы

1. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России. М.: Metallurgy, 2000 352 с.
2. Экономика России, цифры и факты. [Электронный ресурс]. URL: <https://utmagazine.ru/posts/10449-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-5-ugolnaya-promyshlennost>
3. Каталог Chemviron Carbon, 2001 - 24 с.

УДК 664.151.3

Бонарева В.К., Хабибулина Н.В., Красноштанова А.А.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА УГЛЕВОДНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СОЕВОЙ МЕЛАССЫ НОВОГО ТИПА

Бонарева Вера Константиновна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Хабибулина Наталья Викторовна, кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры биотехнологии, e-mail: ernestine@yandex.ru;

Красноштанова Алла Альбертовна, доктор химических, доцент, профессор кафедры биотехнологии, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Подобраны оптимальные условия ферментативной обработки соевой мелассы нового типа. Показано, что наиболее эффективное расщепление полисахаридов субстрата с высвобождением простых сахаров наблюдается под действием ферментного препарата Целлюлюкс А. Изучено влияние ферментативного гидролиза на реологические свойства исходного сырья.

Ключевые слова: соевая меласса, ферментные препараты, углеводы, гидролиз, вязкость

STUDYING OF THE EFFECT OF ENZYMATIC TREATMENT ON CARBOHYDRATES OF SOY MOLASSES OF A NEW TYPE

Bonareva V.K., Khabibulina N.V., Krasnoshtanova A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The optimal conditions for the enzymatic treatment of soy molasses of a new type were selected. It is shown that the most effective degradation of substrate polysaccharides with the release of simple sugars is observed under the action of the enzyme preparation Cellulux A. The effect of enzymatic hydrolysis on the rheological properties of the feedstock has been studied.

Keywords: soy molasses, enzymes, carbohydrates, hydrolysis, viscosity

Введение

Традиционный способ получения концентрата белка сои предполагает экстракцию соевой муки водно-спиртовыми растворами. На стадии вакуум-выпаривания экстракта образуется отход - соевая меласса, представляющая собой коричневый сироп с содержанием сухих веществ от 45 % до 70 %. Сухие вещества представлены углеводами, фосфолипидами, белками, минеральными компонентами. Углеводы представлены моносахаридами, олигосахаридами раффинозы и стахиозы [1 - 3].

Применение соевой мелассы возможно в различных отраслях промышленности, прежде всего – кормопроизводство, микробиологическая отрасль, улучшение здоровья за счет наличия в соевой мелассе компонентов, способных интенсифицировать рост пребиотических штаммов, а также других биологически активных веществ. В составе соевой мелассы – небольшое количество моносахаридов, ди- и олигосахаридами, полифенольные соединения (например, изофлавоноиды), ингибиторы пищеварительных ферментов, фосфолипиды и фенольные кислоты. Таким образом, благодаря богатому биохимическому составу, она может рассматриваться как богатый источник нутрицевтиков, являющихся полезными для профилактики и лечения различных патологических состояний. Кроме того, компоненты соевой мелассы представляют большую ценность для местного наружного применения и в косметических целях [4, 5].

Основным компонентов питательной среды для большинства микроорганизмов являются углеводы, по этой причине как в лабораторной практике, так и в промышленном производстве и различных биотехнологических процессах (в производстве ферментов, антибиотиков, аминокислот и др.), используют моносахариды (глюкозу, фруктозу), дисахариды (сахарозу, лактозу, мальтозу) и другие углеводы. Однако углеводы в очищенной форме достаточно дороги, в связи с чем при приготовлении питательных сред для культивирования микроорганизмов ведется поиск альтернативных источников углерода, то есть индивидуальные углеводы заменяют более доступными по стоимости продуктами: отходами крахмало-паточного производства (меласса, гидрол), гидролизатами торфа и растительных отходов, побочными продуктами молочной промышленности и др. В качестве субстрата для роста микроорганизмов меласса может быть использована для получения микробного белка [6], молочной и лимонной кислот [7], культивирования бифидобактерий с целью получения пробиотических препаратов [8], биоэтанола и биобутанола. В настоящее время интенсивно развиваются технологии производства автомобильного топлива – биоэтанола – из углеводсодержащего сырья и биодизеля – из масличных культур [9, 10].

Помимо традиционной водно-спиртовой экстракции, соевая меласса может быть получена по технологии 3Д-экстракции. Данная технология заключается в формировании объемно-пористых

гранул из соевого сырья с последующей экстракцией низкомолекулярных водорастворимых компонентов чистой водой [11, 12]. Вследствие использования иного метода предподготовки сырья, а также другого экстрагента, углеводный состав соевой мелассы нового типа отличается от традиционного другим углеводным профилем, который, помимо моно-, ди- и олигосахаров включает водорастворимую часть некрахмалистых соевых полисахаридов (гемицеллюлозы, пектиновые вещества).

Таким образом, целью данной работы явилось изучение изменения углеводного профиля соевой мелассы нового типа под действием гидролитических ферментных препаратов.

Методики

В качестве объекта исследования в работе использовали соевую мелассу, полученную методом водной промывки 3Д-гранул производства ЗАО «Партнер-М». Ферментативную обработку проводили с использованием ферментных препаратов отечественного и импортного производства в оптимальных условиях (температура, pH) для каждого препарата индивидуально. Использовали такие ферментные препараты, как трансглюкозидазу L-2000, Ладозим, Veron BA, Rohalase Barley, Rohalase SEP, Целлолюкс А в различных концентрациях.

Определение количества общих сахаров проводили фенол-серным методом. Определение количества редуцирующих сахаров проводили модифицированным методом Бертрана. Титрование смешанного раствора Фелинга пробой проводили как исходным раствором, так и после гидролиза 1н соляной кислотой в соотношении 1:1 (проба:соляная кислота) в течение 10-60 минут. Для калибровки использовали глюкозу, сахарозу, раффинозу, крахмал и пектин.

Кинематическую вязкость измеряли на капиллярном вискозиметре типа ВПЖ-2 с внутренним диаметром капилляра 0,99 мм. Хроматографические исследования проводили с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1220 с рефрактометрическим детектором.

Экспериментальная часть

На первом этапе работы необходимо было выбрать ферментный препарат, обеспечивающий наибольшее накопление простых сахаров после ферментативного гидролиза. Предварительные исследования показали, что наибольшей эффективностью обладают препараты Ладозим, Rohalase Barley и Целлолюкс А. Накопление редуцирующих сахаров в зависимости от продолжительности предобработки с соляной кислотой представлено на рис. 1.

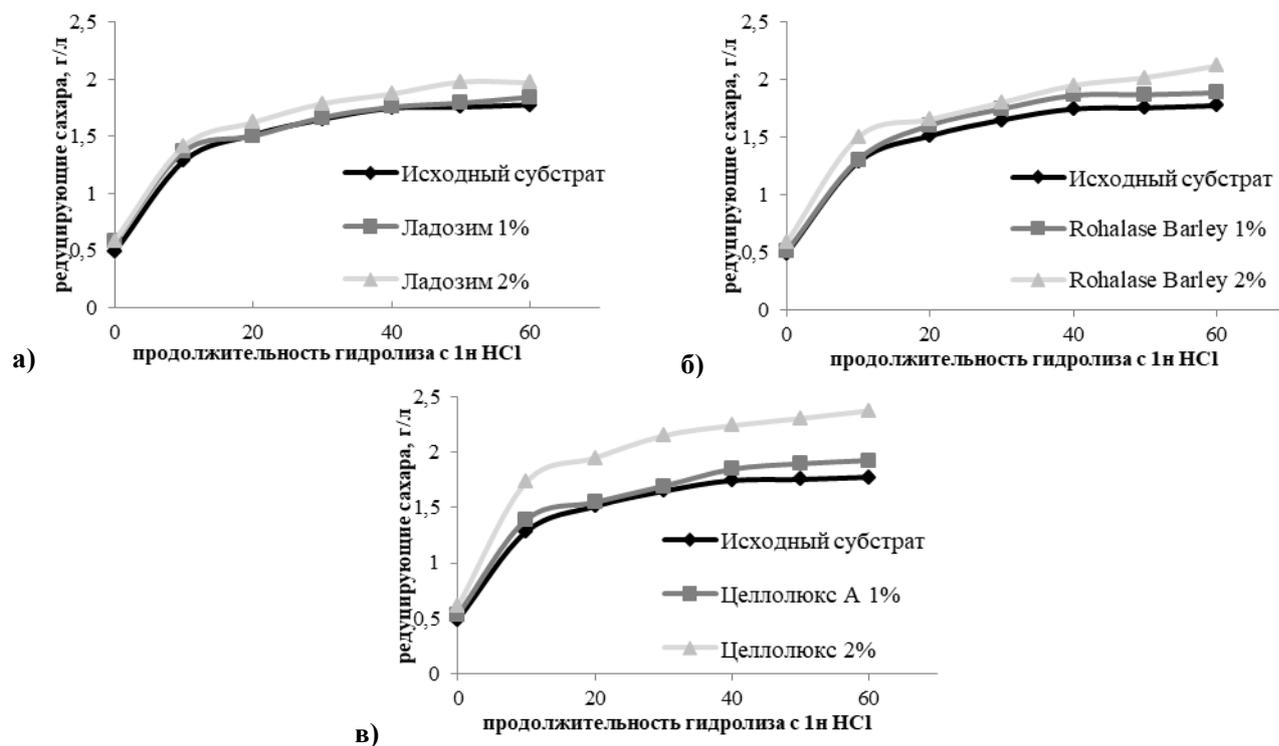


Рисунок 1. Накопление редуцирующих сахаров по модифицированному методу Бертрана до и после ферментативной обработки с использованием различных ферментов: а) Ладозим, б) Rohalase Barley, в) Целлолюкс А.

Исходя из полученных данных, при использовании ферментного препарата Целлолюкс А в концентрации 2% от субстрата концентрация редуцирующих веществ при 60 минутах обработки соляной кислотой достигает 2,4 г/л, что составляет 37% от сухих веществ субстрата. В ходе выполнения

работы также установлено, что при проведении ферментативных обработок содержание общих сахаров остается постоянным, то есть происходит только изменение содержания отдельных углеводных фракций, но не их общего количества.

Данные хроматографического исследования подтверждают полученные результаты. Содержание глюкозы после проведения ферментативной обработки в подобранных условиях увеличивается на 5,38%, фруктозы – на 0,85%, сахарозы – на 9,78%. Общее содержание суммы глюкозы, фруктозы и сахарозы увеличивается на 16% по сравнению с исходным субстратом.

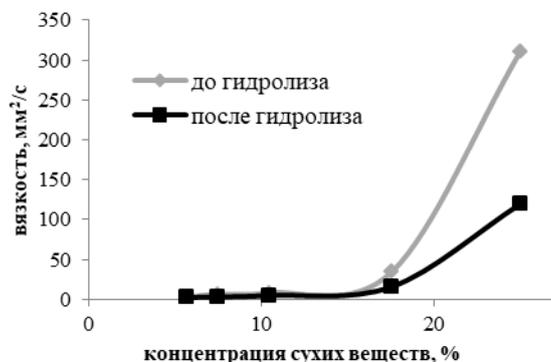


Рисунок 2. Изменение вязкости соевой мелассы до и после гидролиза при различной концентрации сухих веществ

На следующем этапе изучали влияние ферментативного гидролиза Целлюлюксом А на реологические свойства субстрата при различных начальных концентрациях соевой мелассы (рис. 2). Установлено, что проведение ферментативного гидролиза приводит к резкому снижению вязкости соевой мелассы во всем исследованном диапазоне концентраций, причем эффективность ферментативной обработки с точки зрения высвобождения свободных сахаров не снижается существенно вплоть до концентрации сухих веществ в субстрате на уровне 25%.

Также было исследовано изменение реологических свойств соевой мелассы в динамике при проведении ферментативного гидролиза при концентрации субстрата 17,5% сухих веществ. Показано, что наиболее существенное снижение вязкости наблюдается в течение первых 2 часов гидролиза и достигает минимума при продолжительности процесса 6 часов. Изменение реологических свойств связано с расщеплением полисахаридных компонентов соевой мелассы, в том числе гемицеллюлаз, в негидролизованном состоянии поддерживающих вязкую консистенцию субстрата.

Выводы:

1. Подобраны оптимальные условия ферментативного гидролиза для расщепления полисахаридов соевой мелассы нового типа (Целлюлюкс А, 2% от субстрата, 6 часов),

обеспечивающее максимальное накопление простых сахаров.

2. Установлено, что в подобранных условиях возможно проведение эффективного гидролиза вплоть до содержания сухих веществ в субстрате 20-25%, что приводит к снижению вязкости соевой мелассы в 2,6 раза.

Список литературы

1. N. Qureshi, A. Lolas, A. Blaschek, Soy molasses as fermentation substrate for production of butanol using *Clostridium beijerinckii*//Journal of industrial Microbiology and biotechnology. - 2011. - № 26. - P. 290 – 295.
2. Ralph L. Obendorf et al., Soluble Oligosaccharides and Galactosyl Cyclitols in Maturing Soybean Seeds In Planta and In Vitro//Crop. Science/- 1998. - vol. 38. - P. 78-84.
3. Patent US005871743A. Topical application of soy molasses / Daniel Chajuss // 1999. February 16.
4. Pat. № WO 1997007811 A1. A novel use of soy molasses / D. Chajuss // 1997. March 03.
5. A. Miletic et al., The soybean molasses in diets for dairy cows // Mljekarstvo. – 2017. - №67(3). – P. 217-225.
6. K. Spalvins, K. Ivanovs and D. Blumberga. Single cell protein production from waste biomass: review of various agricultural by-products// Agronomy Research. – 2018. - Volume 16(S2). – P. 1493-1508.
7. Jiang Yangjuan, Xu Li, Chen Meisi et al., Lactic Acid Production by Fermentation of Soybean Molasses with Lactic Acid Bacteria and Carbohydrate Metabolism//Food Science. - 2018. - Volume 39, Issue 6. - P. 130–134.
8. Edward Farnworth, Nancy Gardner, Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation// International Journal of Food Microbiology. – 2007. - №116(1). – P. 174-181.
9. Luis A.J. Letti et al., Ethanol production from soybean molasses by *Zymomonas mobilis*// Biomass And Bioenergy. - 2012. - Vol. 44. – P. 80-86.
10. Lucas Caldeirao et al., Modeling and kinetic study of bio-ethanol production from soy protein concentrate by-product// Food Science and Technology. - 2016. - Volume 36, №2. – P. 369–374.
11. Пономарев В. В., Бикбов Т. М. Белковый концентрат и способ его производства // Патент РФ № 2406372, 2010. — МПК: А 23 J 3 14.
12. Пономарев В. В., Бикбов Т. М. Концентрированные белковые продукты и способ их производства // Патент РФ № 2409971, 2011. — МПК: А 23 J 3 00.

УДК 628.543.1; 628.16.081

Кузин Е.Н.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫМИ КОАГУЛЯНТАМИ

Кузин Евгений Николаевич – к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20 e.n.kuzin@mail.ru

Наибольший вклад в процессы поступления тяжелых металлов в гидросферу вносят сточные воды гальванического производства. В результате экспериментов в процессах очистки сточных вод гальванического производства были испытаны образцы комплексных коагулянтов, полученные по модернизированной технологии переработки титаносодержащего (ильменит) сырья. Полученные в процессе серноокислотного вскрытия растворы содержащие сульфаты железа и титана, корректировали по соотношению компонентов. Полученные образцы комплексных коагулянтов показали высокую эффективность очистки модельной и реальной воды гальванического производства. Установлено, что введение в состав коагулянтов соединений титана позволяет увеличить скорость фильтрации получаемых осадков на 25 – 40 %.

Ключевые слова: гальванопокрытия, сточные воды, комплексный коагулянт, скорость фильтрации

CLEANING OF WASTEWATER GALVANIC PRODUCTION WITH COMPLEX COAGULANTS

Kuzin E. N.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia e.n.kuzin@mail.ru

The largest contribution to the processes of entry of heavy metals into the hydrosphere is made by the wastewater of electroplating. As a result of experiments in the processes of purification of wastewater of electroplating production, samples of complex coagulants obtained using modernized technology for processing titanium-containing (ilmenite) raw materials were tested. The solutions obtained in the process of sulfuric acid opening containing sulfates of iron and titanium were corrected by the ratio of components. The obtained samples of complex coagulants showed high purification efficiency of model and real water of electroplating production. It has been established that the introduction of titanium compounds into the coagulants makes it possible to increase the filtration rate of the precipitates obtained by 25–40%.

Keywords: electroplating, wastewater, complex coagulant, filtration rate

Участок нанесения гальванических покрытий является неизменным атрибутом большинства машиностроительных и металлургических производств. В зависимости от назначения состав технологической линии, а, следовательно, и состав сточных вод будет существенно различаться.

Сточные воды гальванического производства представляют собой сложную, многокомпонентную смесь: органических веществ (ПАВ, нефтепродукты и т.д.) и различных соединений тяжелых металлов (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Fe и др.), а также анионов органических и минеральных кислот. Все соединения тяжелых металлов крайне токсичны, ввиду чего процессам очистки подобных стоков уделяется особое внимание.

Для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (за исключением соединений Cr (VI)), эффективно используют процесс осаждения тяжелых металлов в виде нерастворимых гидроксидов при pH 8,0 – 8,5. Для ускорения процессов осаждения хлопьев гидроксидов применяют коагулянты/флокулянты [1].

Наиболее распространенными коагулянтами в настоящее время являются соединения алюминия. Данные реагенты хорошо зарекомендовали себя в процессах очистки природных и сточных вод

различного происхождения. Несмотря на высокую эффективность, данным реагентам присущи следующие недостатки. Соединения алюминия плохо работают при пониженных температурах и имеют ограниченный диапазон pH (от 6,0 – до 8,0), ввиду чего их обычно не используют для очистки сточных вод гальванического производства [2].

Коагулянты на основе железа получили более широкое распространение в процессах очистки сточных вод гальванических производств, ввиду их низкой стоимости и способности соединений железа (II) восстанавливать соединения хрома (VI). Несмотря на это железосодержащим реагентам также присущи определенные недостатки. Ионы железа способны образовывать стойкие, органические комплексы с кислотными анионами (винные, салициловые и др.). Помимо этого при использовании в качестве коагулянтов соединений железа (II) и (III) образуется значительные количества труднофильтруемого осадка. Процесс осаждения и фильтрации данных осадков в значительной мере усложняет аппаратную схему очистки сточных вод.

В настоящее время набирают популярность, так называемые, комплексные реагенты. Одним из таких реагентов является титаносодержащий коагулянт, показавший высокую эффективность в

процессах очистки сточных вод сложного состава [3, 4]. К сожалению, существующие в настоящее время технологии получения комплексных коагулянтов достаточно дороги и не нашли широкого применения.

Основной целью исследования являлась оценка возможности получения комплексных титансодержащих коагулянтов на базе ильменитового сырья. Для достижения поставленной цели была сформулирована задача: разработка технологии получения комплексных реагентов на базе имеющихся промышленного производства.

Содержание соединений тяжелых металлов в модельных и реальных сточных водах определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с СВЧ связанной плазмой «СпектроСкай». Содержание соединений хрома (VI) определяли спектрофотометрически на приборе DR 2800 (HACH USA), а остаточные концентрации взвешенных веществ измеряли на турбидиметре HANNA HI 98703 (USA).

Состав ильменитового концентрата определяли, методом рентгенофазового анализа на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М. Содержание основных компонентов в образце ильменитового концентрата составляло:

- FeO – 33,8 %
- TiO₂ - 30,75%
- SiO₂ – 0,52%
- Al₂O₃ - 0,37%

В качестве основной технологии производства была использована сернокислотная переработка ильменитового сырья, включающая разложение ильменитового концентрата серной кислотой (Т: Ж 1:2 – 1:8), с последующей нейтрализацией свободной серной кислоты металлическим железом (реакция 1).



Время проведения процесса вскрытия – 4 часа, температура 180 – 200°C, концентрация кислоты – 80 % масс. На выходе получали слабокислый раствор (предотвращение гидролиза) смеси сульфатов железа и титана. Содержание основных компонентов в полученных растворах представлено в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав растворов		
Т:Ж	TiOSO ₄ ·H ₂ O, % масс.	FeSO ₄ ·7H ₂ O, % масс.
1:2	13,19	86,71
1:4	5,54	94,36
1:6	3,48	96,42
1:8	2,52	97,38

Из данных таблицы 1 видно, что в зависимости от соотношения Т:Ж можно получать образцы комплексных коагулянтов с различным содержанием активного компонента. В соответствии с литературными и экспериментальными данными оптимальным содержанием соединений титана в составе комплексного коагулянта считается 5 – 10 % масс. [5].

Образец, полученный при соотношении Т: Ж 1:4 тестировали на модельной воде, содержащей соединения тяжелых металлов (Cr (III), Cr (VI), Cu, Ni, Fe_{общ}) в количестве 10 мг/л. Модельную воду обрабатывали раствором гидроксида кальция до значений pH 8,5, а для интенсификации процесса осаждения использовали комплексный коагулянт в сравнении с традиционным сульфатом железа (II).

Таблица 2.

Реагент	Остаточное содержание, мг/л					
	Cr (III)	Cr (VI)	Cu	Ni	Fe	Взв. вещ.
Комплексный коагулянт	0,05	0,01	0,05	0,04	0,1	0,17
Сульфат железа (II)	0,05	0,11	0,06	0,04	0,12	1,9

Из данных таблицы 2 видно, что по своей эффективности комплексный коагулянт не уступает традиционным реагентам, при этом эффективность снижения содержания взвешенных веществ была значительно выше, чем при использовании обычного сульфата железа.

Повышенную эффективность удаления взвешенных веществ образцами комплексного коагулянта можно объяснить явлениями поликонденсации соединений титана протекающими при гидролизе оксид-сульфата титана [6]. Помимо этого образующиеся частицы гидроксида титана обладают развитой поверхностью (уд. повер. 31

м²/г), а также несут на своей поверхности отрицательный заряд (- 21 мВ), что говорит о возможности протекания процессов зародышеобразования и коагуляцией положительно заряженных гидроксидов тяжелых металлов [1].

Заключительным этапом исследований стала апробация полученного образца комплексного коагулянта на реальной воде участка нанесения гальванопокрытий машиностроительного производства (р. Удмуртия).

Условия экспериментов были аналогичны условиям для модельной воды. Состав образца сточной воды: pH – 3,12 (pH 7,8 после

нейтрализации), Cu – 15,6 мг/л, Cr (VI) – 5,3 мг/л, Cr (III) – 0,3 мг/л, Fe_{ОБЩ} – 8,4 мг/л, взвешенные вещества – 34 мг/л. Остаточные концентрации загрязняющих веществ представлены на рисунке 1.

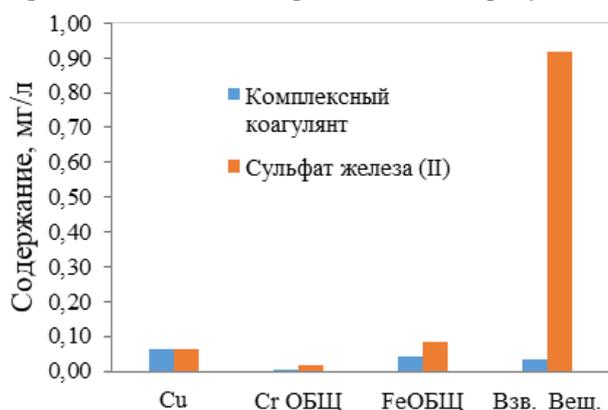


Рисунок 1. Остаточные концентрации загрязняющих веществ

Из данных диаграммы 1 видно, что по своей эффективности образцы комплексного коагулянта превосходят традиционный сульфат железа. Особенно данная разница видна на примере снижения содержания взвешенных веществ и соединений железа и хрома.

В процессе экспериментов было отмечено, что скорость фильтрации осадков, полученных при использовании различных коагулянтов, существенно отличалась (таблица 3).

Таблица 3.

Доза коагулянта, мг/л Me_xO_y	Скорость фильтрации, мл/мин			
	15	20	25	30
Комплексный коагулянт	76	91	92	91
Сульфат железа (II)	63	79	74	65

Из данных таблицы 3 видно, что скорость фильтрации осадков, полученных при использовании комплексных коагулянтов примерно на 15 – 20 % выше, чем при использовании традиционных реагентов.

Заключение

В процессе экспериментов доказана возможность получения комплексных титансодержащих коагулянтов на базе сернокислотной технологии переработки ильменитового концентрата. Установлено, что по своей эффективности комплексные реагенты не уступают традиционному сульфату железа, а в ряде случаев значительно превосходит ее (Cr_{ОБЩ}, Fe_{ОБЩ}, взв. вещ.). Отмечено, что при использовании комплексных коагулянтов скорость фильтрации полученных осадков значительно увеличивалась (в.25 – 1.5 раза), что позволит повысить эффективность процесса очистки и сократить габариты технологического оборудования.

Список литературы

1. С.С. Виноградов. «Экологически безопасное гальваническое производство» – Изд. 2-е, перераб. и доп.; "Глобус". М., 2002. – 352 с.
2. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М., Науч. изд. 2005. 576 с.
3. E.N. Kuzin, P.I. Chernyshev, N.S. Vizen, N.E. Krutchinna, The Purification of the Galvanic Industry Wastewater of Chromium(VI) Compounds Using Titanium(III) Chloride // Russian Journal of General Chemistry, 2018, Vol. 88, No. 13, pp. 2954–2957.
4. Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков. Использование коагулянтов на основе хлоридов титана и кремния в процессах очистки фильтрата полигона твердых коммунальных отходов // Химическая промышленность сегодня – Москва: Изд-во «Химпром сегодня», 2017. № 8. С. 36 – 40.
5. Shon H., Vigneswaran S., Kandasamy J., Zareie M., Kim J., Cho D., Kim J.H. Preparation and characterization of titanium dioxide (TiO₂) from sludge produced by TiCl₄ flocculation with FeCl₃, Al₂(SO₄)₃ and Ca(OH)₂ coagulant aids in wastewater // Sep. Sci. Technol. 44 (2009) P. 1525–1543 doi.org/10.1080/01496390902775810.
6. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие Текст. М.: ИКЦ «Академкнига». - 2007. -309 с.

УДК 579.66

Макарова М.И., Суясов Н.А., Самосадова П.В., Беспалова О.С.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ ПОЛУПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ СООБЩЕСТВА МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Макарова Марина Игоревна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: marina97@inbox.ru;

Суясов Николай Александрович, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Самосадова Полина Викторовна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Беспалова Ольга Сергеевна, студентка 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Данная работа посвящена выделению нуклеиновых кислот из биомассы сообщества метаноокисляющих микроорганизмов. Биомасса, полученная при культивировании сообщества метаноокисляющих микроорганизмов на природном газе, характеризуется высоким содержанием белка и может использоваться в качестве кормовой добавки в сельском хозяйстве. При этом существует необходимость выделения нуклеиновых кислот, так как их избыток может быть опасен для животных. Нуклеиновые кислоты содержатся в биомассе в большом количестве и могут использоваться во многих сферах медицины.

Ключевые слова: гаприн, комплексная переработка биомассы, метаноокисляющие микроорганизмы, нуклеиновые кислоты

OBTAINING BIOLOGICAL VALUE SEMIFINISHED PRODUCTS BASED ON THE BIOMASS OF A METHANE-OXIDIZING MICROORGANISM BIOCENOSIS

Makarova M.I., Suyasov N.A., Samosadova P.V., Bespalova O.S.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper is devoted to the extraction of nucleic acids from the biomass of a methane-oxidizing microorganism biocenosis. The biomass obtained from the cultivation of the methane-oxidizing microorganism biocenosis on natural gas is characterized by high protein content, and it can be used as a feed additive in agriculture. For this purpose, there is a need to isolate nucleic acids, since their excess can be dangerous for animals. Nucleic acids are contained in biomass in large quantities, and they can be used in many fields of medicine.

Keywords: gaпрin, complex processing of biomass, methane-oxidizing microorganisms, nucleic acids

Нуклеиновые кислоты являются основой многих препаратов медицинского назначения. Установлено, что нуклеиновые кислоты являются иммуномодуляторами в организме, антиоксидантами, восстанавливают клетки и повышают способность тканей к регенерации, стимулируют процессы обновления клеток. Производные нуклеиновых кислот способны оказывать противомикробное, противовирусное и противоопухолевое действие [1]. Их широкое применение обуславливается низкой токсичностью, хорошей переносимостью пациентами, а также препараты на основе ДНК практически не обладают побочными эффектами. В данный момент препараты на основе нуклеиновых кислот применяются для лечения пищевых аллергий, онкологических заболеваний, для лечения и профилактики инфекционных заболеваний и многих других. Препараты на основе нуклеината натрия применяются не только в медицине, но и в животноводстве и птицеводстве для стимуляции роста и развития животных.

В современных условиях существует дефицит нуклеиновых кислот. Он обусловлен тем, что в данный момент нуклеиновые кислоты выделяют из молок осетровых рыб, что является дорогим и сложным методом. При этом существуют альтернативные источники нуклеиновых кислот, которые являются перспективной заменой традиционных методов. Оптимальным является использование бактериальной биомассы, так как она характеризуется большим содержанием нуклеиновых кислот. Одним из вариантов является биомасса сообщества метаноокисляющих микроорганизмов. В ходе культивирования биомассы метаноокисляющими микроорганизмами на природном газе возможно производство высокобелкового продукта – гаприна, который может использоваться в сельскохозяйственной промышленности как кормовая добавка с высоким содержанием витаминов группы В. Использование природного газа как микробиологического сырья обуславливается низкой себестоимостью его добычи, значительными залежами в России, сокращением экспорта и независимостью от смены

климата и сезонов. Требования к кормам подразумевают низкое содержание нуклеиновых кислот, поэтому их выделение необходимо для применения биомассы в сельском хозяйстве [2]. Полученная в ходе культивирования биомасса является ценным высокобелковым продуктом. В ней содержится 70-75% от СВ протеина, 8-11% нуклеиновых кислот, 8-10% липидов, 6-8% углеводов. Также в биомассе метаноокисляющих микроорганизмов содержатся такие ценные полупродукты, как полисахариды, каратиноиды и т.д. [3].

Получение биомассы сообщества метаноокисляющих микроорганизмов является крупнотоннажным процессом. В ходе комплексной переработки возможно выделение нуклеиновых кислот. При этом целесообразно разработать технологию и последовательность выделения различных биологически активных веществ. В связи с этим, целью данной работы стало исследование экстракционного извлечения нуклеиновых кислот из состава биомассы метаноокисляющих микроорганизмов, а также оценка эффективности и влияния обезжиривания.

Контроль эксперимента осуществлялся путем определения следующих параметров в составе биомассы: белковых веществ (метод Лоури), сырого протеина (метод Кьельдаля), нуклеиновых кислот (метод Спирина), ДНК (метод Дише), липидов (в аппарате Сокслета).

Для выделения нуклеиновых кислот необходимо подобрать оптимальные условия экстракции. Показано, что на экстракцию нуклеиновых кислот влияет ряд факторов, при этом наибольшее влияние оказывают температура, содержание сухих веществ в суспензии и концентрация диаммонийфасфата, который использовался в качестве экстрагента. С увеличением содержания сухих веществ в суспензии повышается степень экстракции нуклеиновых кислот. При этом максимальное их извлечение достигается при 87°C и концентрации диаммонийфосфата 1 моль/л. Минимальный выход белковых веществ в раствор достигается при повышенных концентрациях диаммонийфосфата и высоких температурах. Аналогично, содержание сырого протеина в денуклеинизированной биомассе остается высоким при повышенных температурах, при этом разница при температурах 87 и 95 градусов незначительна, увеличение температуры не целесообразно. Таким образом, для сохранения белковых веществ оптимально проведение процесса при 87 градусах, концентрации диаммонийфосфата 2 моль/л.

В дальнейшем применялись следующие условия, которые были определены как оптимальные для выделения нуклеиновых кислот из

биомассы сообщества метаноокисляющих микроорганизмов в ходе комплексной переработки: температура – 87°C, концентрация диаммонийфосфата 1,5 моль/л и концентрация биомассы 8% по СВ. Денуклеинизация проводится в течение 3 часов, увеличение продолжительности экстракции может негативно влиять на структуру нуклеиновых кислот, так как возможно ее разрушение при длительном воздействии температуры.

Процесс экстракции нуклеиновых кислот может быть оптимизирован. Имеются данные о том, что предварительное выделение липидов повышает степень экстракции нуклеиновых кислот [4]. Выделение ДНК клеток некоторых бактерий заблокировано липидами. В ходе обезжиривания происходит разрушение мембран, что помогает существенно облегчить выделение полинуклеотидов и, таким образом, повысить степень экстракции нуклеиновых кислот. Также стадия обезжиривания позволяет не проводить отдельно стадию инактивации биомассы. Выделенные простые липиды применяются в промышленности, где используются в качестве технологической смазки. Также липиды используются в мыловарении, спирты, присутствующие в липидах, используются для получения витамина D, убихинона, которые применяются в медицине и сельском хозяйстве.

Для достижения максимальной степени извлечения липидов необходимо проводить экстракцию раствором этанол-хлороформ (1:2) в течение 2,5 часов. В ходе спектрофотометрического анализа получены спектры экстрактов, которые обладают пиками на 260 нм, что соответствует пику поглощения нуклеиновых кислот. Показано, что при продолжительном обезжиривании начинают экстрагироваться не только липиды, но и нуклеиновые кислоты.

При переработке биомассы для максимального выделения нуклеиновых кислот следует сократить время обезжиривания до 60 минут, при этом степень экстракции липидов снижается до 70%.

При обезжиривании биомассы в течение 150 минут и последующей денуклеинизации концентрация нуклеиновых кислот в экстракте меньше, чем в случае нативной биомассы. В случае биомассы, обезжиренной в течение 60 минут, концентрация нуклеиновых кислот выше. Из этого следует, что обезжиривание позитивно влияет на конечную концентрацию нуклеиновых кислот в экстракте, но при условии неполного и непродолжительного обезжиривания. На рисунке 1 представлены графики изменения концентрации нуклеиновых кислот во времени в ходе денуклеинизации.

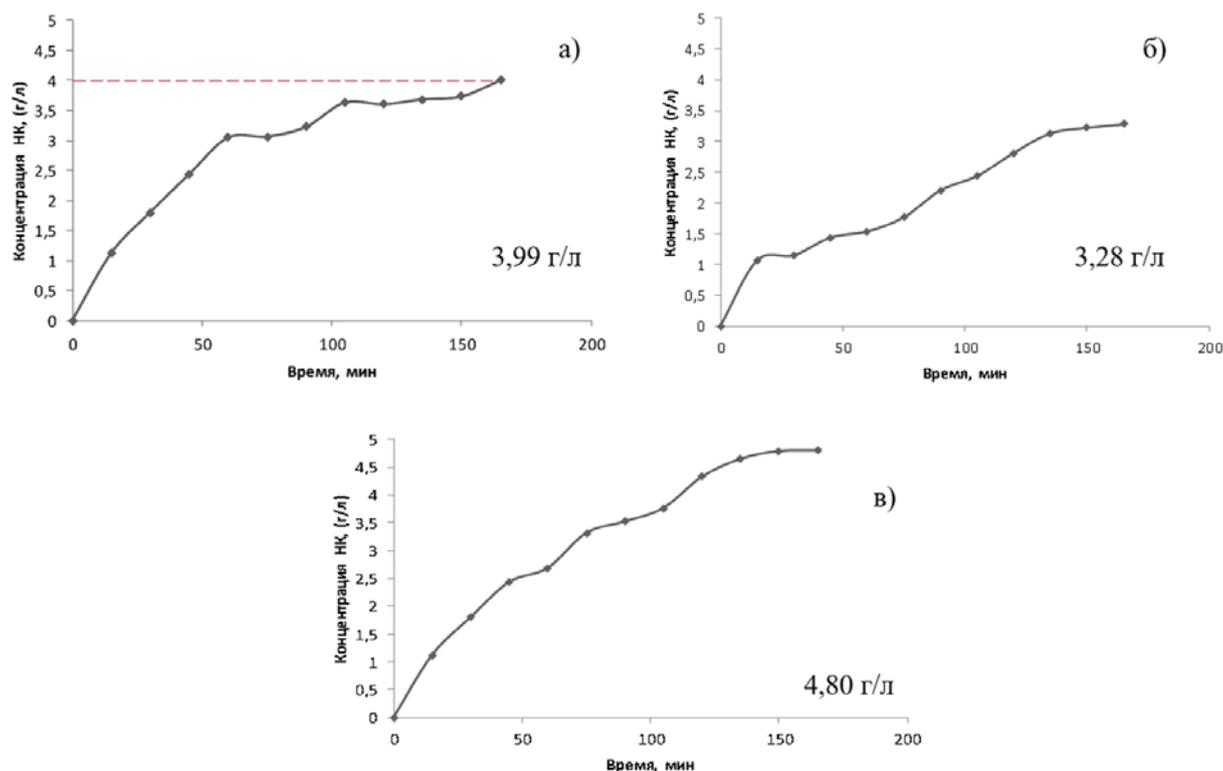


Рис. 1. Концентрация нуклеиновых кислот в экстракте при денуклеинизации необезжиренной биомассы *Methylococcus capsulatus* (а), обезжиренной течение 150 минут (б), обезжиренной в течение 60 минут (в)

В ходе денуклеинизации необезжиренной биомассы в экстракт частично выделяется белок, но в целом незначительно. При предварительном обезжиривании белок вымывается в экстракт в среднем, на 32% больше по сравнению с необезжиренной биомассой. Содержание сырого протеина в конечном продукте, который может использоваться в качестве белковой добавки в кормах, составляет 70,08% для биомассы *Methylococcus capsulatus*.

Данный способ экстракции также может быть использован для биомасс *Methylobacter sp.* и *Methylocystis parvus*. В ходе исследования были получены результаты, аналогичные денуклеинизации *Methylococcus capsulatus*. Обезжиривание в течение 60 минут повышает выход нуклеиновых кислот, при этом потери белка увеличиваются в среднем на 30%.

В ходе комплексной переработки биомассы метанокисляющих микроорганизмов при выделении биологически активных веществ для получения субстанций нуклеиновых кислот оптимально использовать ультрафильтрационное разделение. При использовании мембран с отсекаемыми молекулярными массами 100 и 10 кДа и методов осаждения и переосаждения при pH 2, могут быть получены субстанции нуклеиновых кислот, в которых содержится 2,44 г/л ДНК и 2,57 г/л РНК.

Нуклеиновые кислоты – одни из наиболее ценных полупродуктов, которые могут быть выделены из биомассы сообщества метанокисляющих микроорганизмов. Предварительное обезжиривание повышает степень экстракции нуклеиновых кислот и их выделение. Данная технология предусматривает максимально простые и легко реализуемые процессы, отсутствие токсичных соединений в ходе выделения, что позволяет использовать биомассу с максимальной экономической выгодой.

Список литературы

1. Федянина Л. Н. и др. Лекарственные препараты и биологически активные добавки к пище на основе нуклеиновых кислот различного происхождения //Тихоокеанский медицинский журнал. – 2007. – №. 4 (30).
2. Волова Т. Г. и др. Введение в биотехнологию. – 2008.
3. Гальченко В. Ф. Метанотрофные бактерии. – М : ГЕОС, 2001.
4. Крылов И. А., Красноштанова А. А., Гусева И. И. Комплексная переработка биомассы промышленных микроорганизмов. – 2001.

УДК 577.152.34

Кравцова А.Г., Хабибулина Н.В., Красноштанова А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ФЛАЗОЗИМА НА ХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕВЫХ ПЕПТИДОВ

Кравцова Анна Геннадьевна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Хабибулина Наталья Викторовна, кандидат технических наук, ведущий инженер кафедры биотехнологии, e-mail: ernestine@yandex.ru;

Красноштанова Алла Альбертовна, доктор химических, доцент, профессор кафедры биотехнологии, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Подобраны оптимальные условия ферментативной обработки соевых пептидов с точки зрения корректировки их горечи и степени расщепления. Установлено, что под действием Флавозима возможно получение растворимого белкового ингредиента, обладающего приятным вкусом, высоким содержанием аминокислотного азота и антирадикальной активностью. Показана перспективность использования продукта для обогащения напитков..

Ключевые слова: соевые пептиды, ферментативный гидролиз, обогащенные напитки, Флавозим

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FLAVOURZYM ON CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF SOY PEPTIDES

Kravtsova A.G, Khabibulina N.V., Krasnoshtanova A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The optimal conditions for the enzymatic treatment of soybean peptides were selected from the point of adjusting their bitterness and the degree of cleavage. It has been established that under the action of Flavourzym it is possible to obtain a soluble protein ingredient with a pleasant taste, high content of amino nitrogen and anti-radical activity. The promising use of the product for the enrichment of beverages has been shown.

Keywords: soy peptides, enzymatic hydrolysis, fortified beverages, Flavourzym

Введение

В настоящее время в мире наблюдается дефицит белкового питания среди населения, причем все большую актуальность приобретает замена животного белка растительным. Растительный белок обладает рядом преимуществ: быстрое накопление биомассы растений, наличие витаминов и пищевых волокон, меньшая аллергенность [1,2].

Напитки различного типа могут быть хорошим объектом для обогащения растительным белком, однако, органолептические и технологические характеристики последнего могут служить препятствием для благоприятного восприятия потребителями. Присутствие нежелательного бобового запаха и «мелового» привкуса натурального соевого белка играет важную роль в негативном восприятии напитков с соевым белком, особенно при высокой его концентрации [3]. Нативные растительные белки, как правило, не обладают высокой растворимостью, требуемой в разработке рецептур напитков. Решением данной проблемы может быть ферментативный гидролиз. Гидролизированный растительный белок служит заменителем части животного белка и все чаще встречается в спортивном питании, вегетарианских продуктах, БАДах [4].

Для получения максимально эффективных результатов в отношении типа гидролизата наибольшее значение имеют величина ДН (степень гидролиза), которая ведет к образованию более

коротких пептидов в продукте, а, следовательно, к низкой аллергентности и снижению горечи. Продукты гидролиза белков условно подразделяют на две группы: частично гидролизованные и полностью гидролизованные. Они значительно отличаются по своим свойствам, что разграничивает область их применения. Глубоко гидролизованные белки являются гипоаллергенными, что обуславливает их включение в детское питание и диеты тяжелобольных людей. Эти гидролизаты насыщены свободными аминокислотами и короткоцепочечными пептидами. Частично гидролизованные продукты состоят из смеси пептидов с различной молекулярной массой. Такой гидролизат представляет интерес при использовании в спортивном питании, БАДах и др. Особенность заключается в том, что пищевая ценность белка многократно возрастает. Низкомолекулярные пептиды способны проявлять ряд биологических эффектов, оказывая положительное влияние на здоровье человека [5, 6].

Рекомендуется проводить полный гидролиз белка, поскольку любые оставшиеся пептиды могут придавать горький вкус продукту за счет наличия горьких пептидов - это пептиды из 3-7 аминокислот, содержащие большую долю гидрофобных аминокислот [7, 8]. Удаление горьких пептидов в промышленности часто достигается обработкой активированным углем, который предпочтительно поглощает аминокислоты с горьким вкусом - фенилаланин и тирозин. Активированный уголь

используется как для удаления вкусовых, так и цветowych нежелательных характеристик [9].

Помимо использования активированного угля, удаление горьких пептидов может быть осуществлено с помощью расщепления горьких пептидов по гидрофобному участку с образованием негорьких продуктов, например, с помощью ферментного препарата Флавозим [10].

В этой связи, целью настоящей работы стало изучение влияния Флавозима на химические и органолептические свойства пептидов на основе соевого белка.

Методики

В качестве объекта исследования в работе использовали соевые пептиды производства Jungi Biotechnological (Китай). Ферментативную обработку проводили с использованием ферментного препарата Flavourzyme 500 MG (Novozymes, Дания) в оптимальных условиях (температура, pH) при варьировании концентрации субстрата (5-30%) и ферментного препарата (1-8% от массы субстрата).

Определение содержания белка проводили биуретовым методом, аминного азота – методом формольного титрования. Антирадикальную активность определяли с помощью свободного радикала 2,2 – дифенил – 1 – пикрилгидразила (ДФПГ). К 2,0 мл каждого из полученных растворов серии приливали 2,0 мл раствора ДФПГ и после смешивания через 30 минут регистрировали значения оптической плотности при $\lambda = 517$ нм. В качестве контрольных проб использовали чистые растворители, в которых готовили рабочие растворы. Рабочие растворы готовили методом последовательных разбавлений. Сравнение проводили по величине половинного ингибирования IC_{50} .

Стабильность белковых растворов при различной кислотности среды определяли гравиметрически. Вкус гидролизатов оценивали дегустационным способом.

Экспериментальная часть

На первом этапе работы необходимо было подобрать дозировку ферментного препарата, обеспечивающую наиболее выраженный эффект устранения горечи исходного раствора пептидов, а также оптимальные физико-химические свойства обработанного раствора. Использовали водный раствор пептидов в концентрации 5%, для которого до и после обработки оценивали содержание аминного азота, устойчивость к осаждению при низких pH, антирадикальную активность и органолептические характеристики.

На рисунке 1 представлено изменение IC_{50} по ДФПГ и накопление аминного азота при варьировании концентрации ферментного препарата. Полученные данные свидетельствуют о том, что при увеличении дозы фермента происходит увеличение содержания аминного азота в 2,5 раза, что объясняется увеличением глубины гидролиза и накоплением короткоцепочечных пептидов и аминокислот. При этом антирадикальная активность

несколько снижается, что может быть обусловлено тем, что свободные аминокислоты обладают меньшей способностью к улавливанию свободных радикалов по сравнению с пептидными молекулами.

Показано, что исследуемый раствор пептидов склонен к образованию мути в кислой области pH. Отмечено, что при концентрации ферментного препарата 5-6% доля осаждаемой мути минимальна и составляет 0,6-1,0% от общей концентрации сухих веществ раствора. Органолептический анализ показал, что исходный раствор пептидов обладает выраженной горечью, которая по мере увеличения концентрации Флавозима уменьшается, при этом во вкусе появляются сладкие и соленые ноты. Наиболее приемлемым признан гидролизат, обработанный Флавозимом в концентрации 6%.

На втором этапе исследований проведено варьирование продолжительности гидролиза для выбранных концентраций ферментного препарата – 4% (8, 12, 16 часов) и 6% (3, 7, 10 часов). Увеличение продолжительности гидролиза для каждой концентрации приводило к увеличению содержания аминного азота и IC_{50} , которые достигали:

- 61,3% для концентрации ферментного препарата 4%, $IC_{50} = 10,30$ г/л, продолжительность 16 часов;
- 55,0% для концентрации ферментного препарата 6%, $IC_{50} = 9,26$ г/л, продолжительность 10 часов.

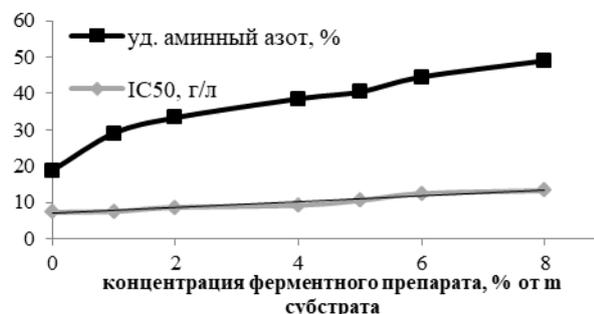


Рисунок 1. Накопление аминного азота и изменение IC_{50} при варьировании концентрации ферментного препарата (концентрация субстрата 50 г/л, продолжительность гидролиза 5 часов)

С точки зрения минимизации содержания осадка оптимальными явились 4% ферментного препарата, 8 часов гидролиза и 6% ферментного препарата, 7 часов гидролиза. По совокупности органолептических и физико-химических показателей, в качестве наилучшего варианта обработки раствора пептидов Флавозимом выбран вариант обработки при концентрации ферментного препарата 6% от массы субстрата и продолжительности процесса 7 часов.

На заключительном этапе подбора условий ферментативной обработки варьировали концентрацию раствора субстрата с 5 до 30% (рис. 2).

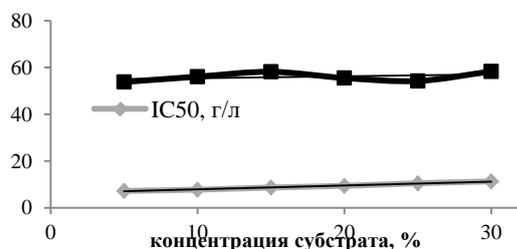


Рисунок 2. Накопление аминного азота и изменение IC₅₀ при варьировании концентрации субстрата (концентрация ферментного препарата 6% от массы субстрата, продолжительность гидролиза 7 часов)

При увеличении концентрации субстрата не происходит заметного снижения эффективности гидролиза, что выражается в стабильности содержания удельного аминного азота. Однако при концентрации субстрата более 25% наблюдается снижение стабильности раствора к осаждению при pH 3-4, в связи с чем можно рекомендовать проведение гидролиза в условиях: концентрация субстрата 20-25%, концентрация ферментного препарата 6% от массы субстрата и продолжительность гидролиза 7 часов.

Использование выбранных условий позволяет получать практически нацело растворимый во всем диапазоне pH белковый ингредиент, обладающий высоким содержанием белка, большим количеством низкомолекулярных пептидов и антирадикальной активностью. Все это в совокупности с приемлемыми органолептическими характеристиками позволяет рассматривать разработанную добавку для обогащения напитков белком.

Выводы:

1. Подобраны оптимальные условия ферментативной предобработки препаратом Флавозим раствора соевых пептидов для увеличения глубины гидролиза (концентрация субстрата 20-25%, концентрация ферментного препарата 6% от массы субстрата и продолжительность гидролиза 7 часов).

2. Установлено, что в подобранных условиях содержанием удельного аминного азота достигает 55%, концентрация белка составляет 180-220 г/л, IC₅₀ = 9-10 г/л. Указанные характеристики

позволяют рассматривать данную белковую добавку для обогащения напитков.

Список литературы

1. Д.В.Компанцев, А.В.Попов, И.М.Привалов и др. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья//Современные проблемы науки и образования. – 2016. - №1. – С. 59-59.
2. Хабибулина Н.В., Красноштанова А.А., Адучиева В.Д. Получение очищенной альбуминовой фракции гороховой муки методом ультраконцентрирования с использованием плоских мембран//Apriori. – 2016. - №1. – С. 1-10.
3. Jookyeong Lee, Soy protein hydrolysate; solubility, thermal stability, bioactivity, and sensory acceptability in a tea beverage // Thesis or Dissertation, University of Minnesota. - 2011. – 117 P.
4. Новапродукт [электронный ресурс]: офиц. сайт URL: http://novaproduct.ru/news/pea_protein_news.html
5. Разумникова И.С., Козлова О.В., Дороганова А.В., Аветисян Г.А. Перспективный подход к созданию продуктов специального назначения для профилактики гипертонической болезни и хронической сердечной недостаточности//Техника и технология пищевых производств. - 2010. - №1.
6. Лысенко Т.Е. Модификация соевых белков и ее использование при производстве продуктов питания // Дальневосточный федеральный университет. – С. 1-10.
7. Barbel Lieske, Gerd Konrad. Protein Hydrolysis - key to meat flavoring systems//Food Reviews International.-1994. - №10(3). - P.287-312
8. Constanza M.Lopes et al., Identification of small peptides arising from hydrolysis of meat proteins in dry fermented sausages//Meat Science” - 2015. - №104. - P.20-29.
9. Arporn Jarunrattanasri, Chockchai Theerakulkait, Keit R. Cadwallader, Aroma components of Acid-Hydrolyzed vegetable protein made by partial Hydrolysis of rice bran protein//J. Cereal Sci. - 2009. - №50. - p.56-60.
10. Siyu Zhang et al., Effect of Flavourzyme on proteolysis, antioxidant activity and sensory qualities of Cantonese bacon//Food Chemistry. – 2017. - № 237. – P. 779-785.

УДК 623.19.47

Сенчина С.В., Ермоленко Б.В.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЗАМЕЩЕНИЯ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Сенчина Светлана Валериевна, студентка 2 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: svetlana1995_16@mail.ru

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии, e-mail: bermol@mail.ru
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Статья посвящена эколого-экономическому обоснованию замещения естественным и сжиженным природным газом потребляемых на территории Российской Федерации твердых и жидких органических топлив с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду процессов их энергетического использования. Выбран состав показателей, необходимых для проведения эколого-экономического обоснования разработки региональных программ замещения. Предложена структура информационно-вычислительной системы, предназначенной для оценки топливных, газовых, экологических и эколого-экономических потенциалов замещения с дифференциацией по видам топлива, субъектам федерации, федеральным округам и видам деятельности (отраслям). Разработаны алгоритмы расчета и анализа показателей. С использованием информации Федеральной службы государственной статистики проведены оценка и анализ потребления основных видов топливных ресурсов, направлений и объемов замещения углей, мазутов и дизельного топлива естественным и сжиженным природным газом, рассчитаны и проанализированы потенциалы замещения, сформирована соответствующая база данных.

Ключевые слова: естественный природный газ, сжиженный природный газ, замещение, оценка, топливный потенциал, экологический потенциал, эколого-экономический потенциал, информационно-вычислительная система

DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM FOR ECOLOGICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF SOLID AND LIQUID ORGANIC FUEL SUBSTITUTION BY NATURAL GAS ON THE TERRITORY OF RUSSIA

Senchins S.V., Ermolenko B.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The article is devoted to the ecological and economic substantiation of the substitution of natural and liquefied natural gas for solid and liquid organic fuels consumed in the territory of the Russian Federation in order to reduce the negative environmental impact of their energy use processes. A set of indicators selected for conducting an environmental and economic rationale for the development of regional substitution programs was selected. The structure of the information-computing system, designed to assess the fuel, gas, environmental and ecological-economic replacement potentials with differentiation by type of fuel, subjects of the federation, federal districts and types of activity (branches), is proposed. Algorithms for calculating and analyzing indicators have been developed. Using information from the Federal State Statistics Service, an assessment and analysis of the consumption of main types of fuel resources, directions and amounts of replacement of coal, fuel oil and diesel fuel with natural and liquefied natural gas were carried out, replacement potentials were calculated and the corresponding database was generated.

Keywords: natural gas, liquefied natural gas, substitution, assessment, fuel potential, ecological potential, ecological and economic potential, information and computing system

В последнее время прослеживается тенденция значительного уменьшения использования твердого и жидкого топлива при росте потребления природного газа. Эти тенденции объясняются желанием снизить негативное воздействие энергетической отрасли на окружающую среду путем замены угля, мазута и дизельного топлива на более экологически чистый природный газ. Замещение твердого и жидкого топлива на газ способствует также сбережению ценных ресурсов, которые можно направить на неэнергетическое использование [1]. Хотя Россия занимает первое место в мире по запасам (49,54 трлн. м³) и второе место по добыче (681 млрд. м³) природного газа, доля твердых и жидких топлив в

топливно-энергетическом балансе страны неоправданно велика. В связи с этим появилась необходимость в формировании информационной базы для выбора направлений и эколого-экономического обоснования замещения твердого и жидкого топлива на естественный и сжиженный природный газ на территории Российской Федерации [2].

С этой целью с использованием пакета программ Microsoft Excel разработана информационно-вычислительная система для расчета и анализа топливных (в тут/г), газовых, экологических и эколого-экономических потенциалов замещения с дифференциацией по

видам топлива, субъектам федерации, федеральным округам и видам деятельности (отраслям).

Структура базы данных. Предложена структура базы данных «Потенциалы замещения твердых и

жидких топлив на естественный и сжиженный природный газ» (состав электронных таблиц) и порядок ее формирования (рис. 1).

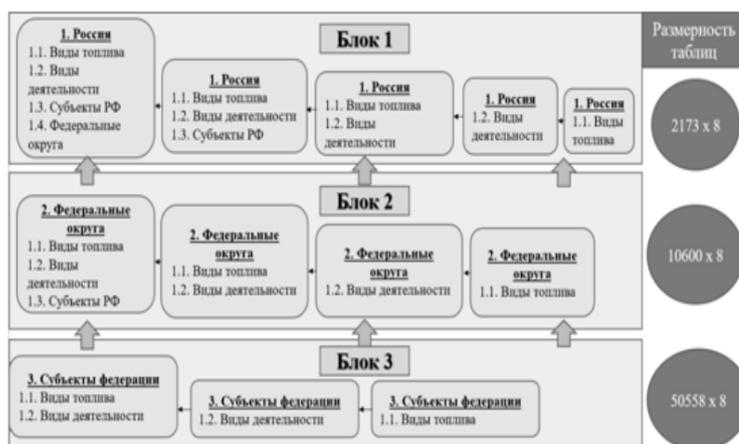


Рис. 1 Структура и порядок ее формирования базы данных «Потенциалы замещения твердых и жидких топлив на естественный и сжиженный природный газ»

Оценка потенциалов замещения осуществлялась с учетом заданной иерархической структурой разработанной базы данных: Россия → Федеральные округа → Субъекты Федерации → Вид деятельности (отрасль) → Вид топлива. Описание элементов структуры и основных рассчитываемых показателей позволяет оценить возможные направления использования разработанной системы.

Административно-территориальное деление. Электронные таблицы предусматривают административно-территориальное деление России на 8 федеральных округов и 85 субъектов федерации.

Виды деятельности. Для учета отраслевой направленности замещения твердых и жидких топлив расчет потенциалов замещения и их анализ осуществляется с делением на 13 видов деятельности:

сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; рыболовство, рыбоводство; добыча полезных ископаемых; обрабатывающие производства; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; строительство; оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования; гостиницы и рестораны; транспорт и связь; образование; здравоохранение и предоставление социальных услуг; предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг; прочие виды деятельности.

Виды топлива. Расчет и анализ потенциалов замещения проводится с дифференциацией по следующим видам топлива:

Угли: донецкий, кузнецкий, подмосковный, воркутинский, интинский, башкирский, азейский, гусиноозерский, тунгусский (котуйский), райчихинский, ургальский,

сахалинский, магаданский, норильский, камчатский, приморья, для коксования, челябинский, свердловский, нерюнгринский, якутский, еремховский, читинский, хакасский (минусинский), канско-ачинский, тувинский, прочих месторождений, карагандинский, экибастузский, импортный прочий.

Прочие твердые виды топлива: кокс металлургический из каменного угля, орешек коксовый сухой, мелочь коксовая сухая, торф, брикеты и полубрикеты торфяные топливные, древесина топливная.

Жидкие виды топлива: керосин, дизельное топливо, топливо моторное для судовых дизелей, топливо газотурбинное, нефть, бензины автомобильные, топливо печное бытовое, мазут топочный, мазут флотский, мазут, не вошедший в другие группировки,

Газы: горючий природный (естественный), попутный нефтяных месторождений, горючий искусственный доменный, нефтеперерабатывающих предприятий, горючий искусственный коксовый, пропан и бутан сжиженные, газы углеводородные и их смеси сжиженные прочие.

Топливный потенциал замещения. Топливный потенциал замещения задает количество условного топлива, дающего возможность произвести такое же количество тепловой и электрической энергии, как при использовании замещаемого количества конкретного жидкого или твердого топлива. Оценка топливного потенциала замещения путем умножения массы замещаемого вида топлива на коэффициент пересчета, определяемый отношением теплотворной способности условного топлива к теплотворной способности замещаемого. Оценка

производится по всем видам твердого и жидкого топлива, перечисленным выше.

Газовый потенциал замещения. Количество естественного или сжиженного природного газа, позволяющего произвести такое же количество энергии, как при сжигании замещаемого ресурса, задает газовый потенциал замещения. Газовый потенциал определяют как результат деления топливного потенциала замещения коэффициент пересчета массы условного топлива в эквивалентную массу естественного или сжиженного природного газа.

Экологический потенциал замещения. Экологический потенциал замещения определяется разницей между выбросами загрязняющих веществ в атмосферу от сжигания замещаемого вида топлива и эквивалентного количества природного газа. Экологический потенциал исчисляет в тоннах выбросов конкретных загрязняющих веществ в год, в тоннах СО-эквивалента [3] и тоннах СО₂-эквивалента в год. Проведение экологической оценки замещения основывается на рассчитанных удельных выбросах загрязняющих веществ при сжигании различных видов твердого, жидкого и газообразного топлива в топках котлов электростанций с использованием программного комплекса «Модульный ЭкоРасчет» НПО «ЛОГУС».

Экономический потенциал замещения. Под экономическим потенциалом замещения понимается стоимость сэкономленного твердого (жидкого) топлива при замещении его природным газом, а также разница между стоимостью замещаемого топлива и природного газа. При оценке экономического потенциала должна использоваться информация о видах топлива, потребляемого в рассматриваемом регионе, и его средней стоимости с учетом доставки. Отсутствие доступа к информации о региональных ценах на различные виды топлива не позволили при выполнении рассматриваемой в статье работы провести расчеты экономических потенциалов замещения.

Эколого-экономический потенциал замещения. В качестве эколого-экономического потенциала

замещения выступают результаты оценки эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы, предотвращаемого в результате использования для производства тепловой и электрической энергии природного газа вместо различных видов угля, мазута и дизельного топлива. Оценка производилась в соответствии с известной методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды [3] с учетом значений экологического потенциала.

Некоторые результаты оценки потенциалов замещения. Для демонстрации возможностей системы ниже приводятся некоторые итоговые результаты оценки потенциалов, проведенной на основе данных Федеральной службы государственной статистики.

Так для Российской Федерации с дифференциацией по федеральным округам представлена информация о потенциалах замещения экологически «грязных» видов топлива естественным и сжиженным природным газом (табл. 1). Из данных таблицы видно, что основные потенциальные объемы замещения приходятся на уральский, сибирский и дальневосточный регионы - 82,55% , а европейская часть России уже прошла главные этапы газификации и представлена лишь 17,45%. Соответствующая информация о газовых потенциалах замещения в федеральных округах с делением по субъектам федерации в статье не приводится.

Результаты анализа распределения потенциалов замещения твёрдого и жидкого органического топлива естественным и сжиженным природным газом между видами деятельности, как и ожидалось, свидетельствуют о превалировании энергетики – 80,2%, втором месте обрабатывающих производств – 12,27% и всего лишь 7,53%, приходящихся на все остальные отрасли экономики (табл. 2).

Ожидаемый экологический результат газификации характеризуется экологическим и эколого-экономическим потенциалами замещения (табл. 3).

Таблица 1

Топливный и газовый потенциалы замещения твёрдого и жидкого органического топлива естественным и сжиженным природным газом по федеральным округам

№	Федеральные округа	Потенциал замещения ресурса			
		Топливный, т/год	Естественным природным газом, тыс.м ³ /год	Сжиженным природным газом, т/год	Доля замещаемого ресурса в РФ, %
1	ЦФО	8719676	7556045	5553934	4,3
2	СЗФО	13227516	11462319	8425169	6,52
3	ЮФО	6613668	5731081	4212527	3,26
4	СКФО	83448	72312	53152	0,04
5	ПФО	6762541	5860087	4307351	3,33
6	УФО	23986595	20785611	15278086	11,82
7	СФО	114143308	98911012	72702744	56,24
8	ДВФО	29403590	25479714	18728401	14,49
Итого по РФ		202940341	175858181	129261364	100

Таблица 2

Топливный и газовый потенциалы замещения твёрдого и жидкого органического топлива естественным и сжиженным природным газом по видам деятельности (отраслям)

№	Вид деятельности (отрасль)	Потенциал замещения ресурса			
		Топливный, т/год	Естественным природным газом, тыс.м ³ /год	Сжиженным природным газом, т/год	Доля замещаемого ресурса в РФ, %
1	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	926086	802501	589864	0,45
2	Рыболовство, рыбоводство	34712	30080	22110	0,02
3	Добыча полезных ископаемых	5064396	4388558	3225730	2,47
4	Обрабатывающие производства	25142852	21787567	16014555	12,27
5	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	165440036	143362249	105375819	80,7
6	Строительство	515417	446635	328291	0,25
7	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, бытовых изделий	181998	157711	115922	0,09
8	Гостиницы и рестораны	133140	115373	84803	0,06
9	Транспорт и связь	1891010	1638657	1204465	0,92
10	Образование	1189222	1030522	757466	0,58
11	Здравоохранение и предоставление социальных услуг	880888	763334	561075	0,43
12	Предоставление прочих услуг	400281	346864	254956	0,2
13	Прочие виды деятельности	3194274	2768002	2034570	1,56
Итого по России		204994313	177638053	130569626	100

Таблица 3

Экологический и эколого-экономический потенциалы замещения твёрдого и жидкого органического топлива естественным и сжиженным природным газом по федеральным округам

№	Федеральные округа	Экологический потенциал замещения		Эколого-экономический потенциал замещения
		Локальный, млн.т СО-экв./год	Глобальный, млн. т СО ₂ -экв./год	Предотвращенный ущерб, млн. руб./год
1	ЦФО	26,65	4,7	72 000
2	СЗФО	43,49	6,94	117 000
3	ЮФО	26,23	3,49	70 000
4	СКФО	0,228	0,044	615
5	ПФО	16,5	3,85	44 000
6	УФО	200,43	11,48	539 000
7	СФО	377,38	66,49	1 015 000
8	ДВФО	121,33	15,89	326 000
Итого по России		812,7	113,83	2 186 000

Ограничения на размеры статьи не позволяют представить информацию о потенциалах размещения с дифференциацией по 46 видам твердого и жидкого топлива.

Разработанная информационно-вычислительная система и результаты проведенной оценки потенциалов могут быть использованы газовыми компаниями и региональной администрацией для выбора направлений газификации российской экономики и эколого-экономического обоснования принимаемых инвестиционных решений.

Список литературы

1. Белинский А. В., Гайворонский А. И. Экономические аспекты автономной газификации регионов России на основе сжиженного природного газа// Нефть, газ и бизнес. - 2016. - № 10.- С. 45-49.
2. Казак А. С., Косарев А. Ю. Системный анализ управления в топливно-энергетическом комплексе на примере газовой промышленности // М.: ООО «НИИГазэкономика». – 2017.- С. 138-141.
3. Н. П. Тарасова, Б. В. Ермоленко, В. А. Зайцев, С. В. Макаров. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду: учебное пособие /— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 230 с.

УДК

Федоров А.В., Ермоленко Б.В.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Федоров Артем Вадимович, студент 3 курса бакалавриата факультета биотехнологии и промышленной экологии, email: artem.fedorov7799@mail.ru

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия.

В статье рассматривается водный транспорт Российской Федерации как потребитель различных видов органического топлива и загрязнитель окружающей среды. Проанализированы годовые объемы топлива, расходуемые судами морского и речного флота страны для обеспечения работы судовых двигателей. Показаны возможности перехода от традиционных топливных энергетических установок к альтернативным возобновляемым. Приведены примеры реализации систем энергоснабжения судов на основе ВИЭ в нашей стране и за рубежом. Указано на необходимость оценки энергетических, ресурсосберегающих и экологических потенциалов солнца и ветра для эколого-экономического обоснования развития альтернативных систем энергоснабжения на водном транспорте.

Ключевые слова: водный транспорт, потребление топлива, загрязнение окружающей среды, возобновляемые источники энергии, энергетический потенциал

ECOLOGICAL AND ECONOMIC PRECONDITIONS FOR USING RENEWABLE ENERGY SOURCES IN WATER TRANSPORT

Fedorov A., Ermolenko B.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The article considers the water transport of the Russian Federation as a consumer of various types of organic fuel and an environmental pollutant. Analyzed the annual volumes of fuel consumed by the ships of the sea and river fleet of the country to ensure the operation of ship engines. The possibilities of transition from traditional fuel power plants to alternative renewable ones are shown. Examples of the implementation of power supply systems of vessels based on renewable energy sources in our country and abroad are given. The necessity of assessing the energy, resource-saving and environmental potentials of the sun and wind for the environmental and economic rationale for the development of alternative energy supply systems in water transport is indicated.

Keywords: water transport, fuel consumption, environmental pollution, renewable energy sources, energy potential

Водный транспорт является составной частью транспортной системы Российской Федерации. Его подразделяют на морской и речной водный транспорт. Пути передвижения морского служат моря, заливы, устья крупных рек и океаны, речного - реки, озёра и водохранилища. Морской вид выполняет главную роль в межгосударственном грузообороте. Важность морского транспорта для России определяется её положением на берегах трёх океанов и протяжённостью морской границы 42 тысячи километров. Речные пути России имеют протяжённость около 80000 километров. Объем груза, перевозимого внутренним водным транспортом, в общем грузообороте составляет примерно 3,9 %. В некоторых регионах речной вид транспорта является основным из-за отсутствия других путей. Речной флот по сравнению с другими видами транспорта, обладает определенными преимуществами. Он обладает достаточно высокой провозной способностью. Одно речное судно с грузоподъемностью несколько тысяч тонн

эквивалентно 1- 2 товарным составам. Скорость доставки грузов водным транспортом составляет 350-550 км/сут, что сопоставимо с железной дорогой. Перевозки водным транспортом на 45-50% дешевле железнодорожных и в тридцать раз дешевле автомобильных из-за малых затрат на создание и эксплуатацию путей (это дноуглубительные работы и устройство знаков судоходной установки на подходах к портам и морских каналах). При движении по воде судно преодолевает незначительные сопротивления, что требует значительно меньших затрат энергии, чем при использовании других видов транспорта. Так масса условного топлива, затрачиваемого на 1000 т·км для автотранспорта составляет 200кг, для железнодорожного - 60 кг, а для водного - 30 кг. Однако суммарный годовой расход топлива водным транспортом России превышает 1150 тыс. т/г. Потребление топлива по видам представлено в таблице 1.

Потребление топлива в водном транспорте Российской Федерации

№	Вид ресурса	Потребление в натуральных единицах	Коэффициент пересчета в туг, туг/ед.	Потребление. туг/г
1	Дизельное топливо (тонн)	340259	1,45	493376
2	Топливо моторное для судовых дизелей (тонн)	229953	1,47	338031
3	Газ природный (естественный) (тыс. м3)	10666	1,154	12309
4	Пропан и бутан сжиженные,(тонн)	463	1,57	727
5	Каменный уголь (тонн)	8837	0,768	6787
6	Бурый уголь - всего (тонн)	1440	0,467	672
7	Древесина топливная (плотн м3)	3716	0,266	988
8	Бензины автомобильные (тонн)	14208	1,49	21170
9	Топливо печное бытовое (тонн)	126	1,45	183
10	Мазут топочный (тонн)	122924	1,37	168406
11	Мазут флотский (тонн)	75595	1,43	108101
Итого				1150749

Воздействие водного транспорта на водные объекты связано с потерей нефтепродуктов при погрузке и выгрузке, сбросами загрязненных вод. Источниками загрязнения атмосферы с судов являются такие выбросы энергетических установок, как оксиды серы, азота, углерода, твердые веществ. Эти выбросы будут нормироваться после вступления в силу нового Приложения VI к МАРПОЛ 73/78. Учитывая, что в России выпускается топливо с содержанием серы, не превышающим 3,5 %, а на транспортных судах в основном эксплуатируется мало- и среднеоборотные дизельные установки, выбросы серы с условного судна можно оценить равным 1-1,5 т./сутки, а окисла азота - 2-5 т/сутки.

Судоходство (как, впрочем, и любой другой вид транспорта) при использовании выбрасывает в атмосферу немало вредных веществ, загрязняя при этом не только воздух, но и реки, моря и океаны. Поэтому создание экологичных видов транспорта должно происходить не только на суше, но и на воде. С целью сбережения топлива и снижения негативного воздействия на водные объекты и атмосферу в разных странах мира делаются попытки использовать в качестве источника энергии возобновляемые источники и электродвигатели в качестве судовых двигателей. По назначению суда подразделяют на транспортные (грузопассажирские, грузовые и буксирные), технические (плавучие доки и т.д.), промысловые (рыболовные), а также специального назначения (ледоколы и пожарные суда). На любой вид указанных судов существует возможность устанавливать как ветрогенераторы, так и солнечные панели.

В настоящее время существует огромный выбор как ветроэнергетических установок, так и солнечных фотоэлектрических панелей. Сегодня одной из задач активно развивающейся солнечной и ветровой энергетики является расширение сферы ее применения, в том числе и для энергообеспечения морских и речных судов. С учетом специфики водного транспорта возникает необходимость в эффективной организации приема и преобразования ветровой и солнечной энергии, разработке новых

судовых энергетических установок, использующих современные (инновационные) технические решения, максимально ориентированные на решение задач ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Такие энергетические установки будут иметь успех на мировом рынке.

Классифицировать солнечные панели можно по их расположению и по возможности изменять угол наклона. К первому классу относятся статические горизонтальные или вертикальные панели, устанавливаемые на корпусе судна в статическом положении. Второй класс - динамические панели, способные изменять своё положение, подстраиваясь по угол падения солнечных лучей. Примером использования горизонтального размещения фотоэлектрических батарей может служить катамаран «Эковолна». На его крыше российские инженеры закрепили солнечные панели общей площадью пятьдесят семь квадратных метров. Катамаран массой 50 тонн прошёл 5227 километров только на электромоторах. За время экспедиции ни разу не был использован резервный двигатель внутреннего сгорания. Если пересчитать по резервному мотору, то было сэкономлено 3 216 литров топлива, что равняется 147 920 рублям при ценах 46 руб./литр. Избыток электрической энергии был использован на собственные нужды экипажа из 8 человек.

Появляются и другие, причем, вполне современные водные средства передвижения, движимые парусом. Часть этого паруса покрыта с двух сторон солнечными панелями, превращающими падающий на них солнечный свет в электроэнергию, от которой питается электродвигатель катамарана. Общая площадь таких панелей составляет девяносто пять квадратных метров. Например, для владельцев парусных яхт ветрогенераторы – это естественный и понятный способ увеличения электрической мощности. Проектов грузовых судов на солнечной энергии совсем немного. Так, японская Eco Marine Power создала концепт грузового судна с выдвигаемыми парусами, оборудованными фотоэлементами [1]. В

своей разработке японцы хотят объединить привычные паруса с солнечными батареями. Большое количество особых солнечных панелей устанавливается на борту судна и соединяется с общей энергосетью корабля, добывая и запасая энергию. Кроме того, эти же панели будут использоваться во время плавания, выполняя роль парусов, когда есть попутный ветер. В текущем, 2018 году Eco Marine планирует провести ряд испытаний своей технологии «солнечных парусов» на небольших грузовых кораблях (балкерах, предназначенных для перевозки зерна, угля, пшеницы), полностью заменив собой привычные источники питания этих морских судов. Испытания будут длиться на протяжении 12-18 месяцев, и в процессе будет выявлено, сколько энергии движения можно получить из таких парусов и какое количество солнечных панелей нужно на них разместить, чтобы добиться максимальной эффективности.

Энергию ветра используют и ветроэнергетические установки (ВЭУ). Ветрогенераторы существуют различных конструкций, отличаются размерам и электрической мощностью. У горизонтальных ВЭУ ось ротора параллельна земной поверхности. Такие установки обладают большой мощностью преобразования энергии ветра в электричество. В установках вертикального типа турбина расположена вертикально по отношению к земле. Достоинство – они начинают работать при небольших скоростях ветра. На водном транспорте чаще используется установки вертикального типа, так как занимаемая ими площадь на корпусе судна меньше, а что ещё важнее – их работа абсолютно не зависит от направления ветра.

Существуют десятки примеров водного транспорта, которые на своём борту имеют как ветрогенераторы, так и солнечные панели, что в результате позволяет ему становиться автономным судном. Ещё в 2011 году на воду было спущено прогулочное судно, рассчитанное на 150 человек и работающее сразу на нескольких альтернативных источниках энергии. Eco Slim предназначен для туристических прогулок и построен по схеме катамарана [2]. Вот основные параметры этого экологически безопасного судна: длина порядка 24 метров, ширина 10,5 метров. Главной особенностью нового корабля можно считать его двигательную установку, объединяющую в себе гибридную систему из сорока солнечных панелей и двух ветряков суммарной мощностью 9,5 кВт, комплект свинцовых батарей и вспомогательного двухкиловаттного водородного аккумулятора, термоэлектрогенератор и два электромотора. Яхта приводится в движение электромоторами, питающимися от батарей, которые в свою очередь берут энергию от солнечно-ветряной установки, или термогенератора. Подзарядка батарей занимает буквально полтора часа, а запаса батарей Eco Slim хватает на плавание со скоростью 11-13 км/час приблизительно на

четыре часа. Корабли с "гибридным питанием" будут использовать ветер и солнечную энергию вместе в качестве источника энергии и движения (вместе с главными двигателями корабля) с целью снижения вредных выбросов и уменьшения расхода топлива.

Одной из важнейших проблем альтернативного энергообеспечения двигателей и собственных нужд водных транспортных средств является достаточность энергетического потенциала ветра и солнца на маршруте движения судов. Для обоснования возможности и экономической целесообразности использования ветроэнергетических и солнечных установок на судах, перевозящих грузы и людей по конкретным рекам и морям, необходимо на соответствующих территориях произвести оценку электроэнергетических, теплоэнергетических, топливных, ресурсосберегающих и экологических потенциалов энергии солнца и ветра [3]. В качестве источника исходной информации можно выбрать базу данных НАСА, в которой содержатся с шагом в один градус статистические результаты многолетнего космического мониторинга скоростей ветра на высоте 50 метров от земли, а также показатели инсоляции для различных углов наклона солнечных панелей. Информация в узловых точках градусной сетки дифференцируется по месяцам и интервалам суток. С учетом ограниченности исходных данных разработаны и математически обоснованы методики определения параметров функций распределения вероятностей скоростей ветра и математического описания кривых мощностей ветрогенераторов, позволяющих осуществлять оценки всех названных выше видов ветроэнергетических потенциалов для нужной высоты ВЭУ. Существуют методы оценки потенциалов и для проектирования солнечных систем энергоснабжения.

Результаты оценки потенциалов по потенциальным маршрутам движения судов могут быть использованы инвесторами и проектировщиками для разработки программ развития водного транспорта на основе возобновляемых источников энергии

Литературные источники

1. Японская компания установит на грузовые суда «солнечные паруса». HI-NEWS.RU. <https://hi-news.ru/technology/yaponskaya-kompaniya-ustanovit-na-gruzovye-suda-solnechnye-parusa.html>
2. В Испании построен крупнейший эко-катамаран. KORABEL.RU. <https://www.korabel.ru/>
3. В. Ermolenko, G. Ermolenko, J. Fetisova. Methods for quantitative assessment of energy, resource and environmental potentials of wind energy. Energy of XXI Century. Renewable Energy Sources. Issue 1: collection of scientific articles. - М. : Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2015. - 64 с.

УДК 628.335; 691.34.

Чернова К.С., Баурина М.М., Градова Н.Б.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АВТОЛИЗАТОВ АКТИВНОГО ИЛА МЕТАНТЕНКОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чернова Ксения Сергеевна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Баурина Марина Михайловна, к.х.н, доцент кафедры биотехнологии; e-mail: baurinamm@mail.ru

Градова Нина Борисовна, д.б.н., главный специалист кафедры биотехнологии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20.

В настоящей работе изучен процесс автолиза активного ила метантенков Люберецких очистных сооружений при различных параметрах процесса. Были подобраны оптимальные условия для проведения автолиза с целью создания препарата с максимальным содержанием высокомолекулярной белковой фракции. Показано влияние полученной белок-связывающей добавки на функциональные качества строительных материалов.

Ключевые слова: связывающие добавки, автолиз, избыточный активный ил, метантенк, бетонные смеси

THE INFLUENCE OF ACTIVATED SLUDGE AUTOLIZATES ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTION MATERIALS

Chernova K.S., Baurina M.M., Gradova N.B.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

In the present work, we studied autolysis of activated sludge from the Lyubertsy watertreatment facilities with various process parameters. The optimum conditions were chosen for carrying out the autolysis to create protein-binder additives with a maximum content of high-molecular protein fraction. The effect of the obtained protein-binding additive on the functional qualities of building materials is shown.

Keywords: protein-binder additives, autolysis, activated sludge, methane tank, concrete mixtures

Анаэробную очистку сточных вод мегаполисов проводят в метантенках. Осадки, полученные после анаэробной очистки, представляют жидкую массу от темно-коричневого до черного цвета с характерным землянистым запахом. Влажность полученной массы – избыточный активный ил - составляет 96-98%, с долей органического вещества 70-90% [1].

Состав активного ила каждого отдельного очистного сооружения отличается и может содержать в себе до 50 видов бактерий с различным строением клеточных стенок. Под автолизом клетки понимают совокупность процессов, приводящих к частичному или полному разрушению клеточных стенок, на глубину которого влияют не только внешние, и внутренние ферменты, но и воздействие физико-химических факторов. Иницировать лизис и разрыхлить структуру клеточных стенок могут такие агенты как щелочь, щелочерастворимые глюкозаны, кислоты и ферменты. Также процесс лизиса возможно запустить благодаря термообработке клеток, а при неправильном температурном режиме может произойти инактивация автолитических ферментов. Другим параметром, влияющим на процесс лизиса, является кислотность, при изменении рН ниже 5,5 в системе наблюдается разрушение пептидоглюканового слоя метаногенных бактерий под воздействием собственных внутриклеточных литических ферментов [2].

При выборе оптимальных условий для проведения автолиза сложного биоценоза активного

ила необходимо учитывать видовой состав и наличие примесей. Исходя из анализа литературных данных и патентного поиска было определено, что основными параметрами, влияющими на степень автолиза анаэробного ила, являются: концентрация исходной биомассы, температура и введение активаторов.

На первом этапе работы для проведения автолиза были взяты пробы избыточного активного ила Люберецких очистных сооружений г. Москвы, с различным содержанием сухих веществ; исследовано влияние температурных режимов; применены индуцирующие добавки с использованием олеиновой кислоты в различных концентрациях.

Применение добавок, используемых в бетонных смесях, влияющих на прочность, стабильность и водоустойчивость цемента становится выгодным за счет снижения затрат на количество материалов и повышения качественных и физико-химических свойств [3]. Автолизаты микробной биомассы активного ила можно использовать также в качестве пластификаторов для асфальтов и бетонов. Это позволяет снизить затраты на дорожное строительство, при этом отмечается повышение качества строительных материалов [4-5].

Содержание высокомолекулярной белковой фракции (ВМФ) является одним из критериев качества разрабатываемой добавки. С целью получения белок связывающей добавки автолиз активного ила необходимо провести с

максимальным выходом ВМФ в водную фазу. На рис.1. показано изменение содержания высокомолекулярной белковой фракции во время автолиза.

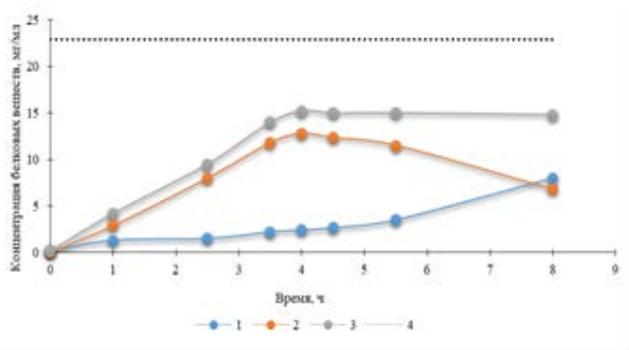


Рис.1. - Концентрации высокомолекулярных фракций белка в водной фазе при автолизе активного ила метантенков ЛОС
Условные обозначения: 1 – выход НМФ; 2 выход ВМФ; 3 – общая концентрация белка в водной фазе; 4 - общее содержание белковых веществ в исследуемом образце активного ила метантенков

Было установлено, что необходимый уровень содержания ВМФ белковых веществ в исследуемых образцах активного ила метантенков достигается при проведении автолиза в условиях соблюдения необходимой кислотности среды, концентрации исходной суспензии и индуцировании автолиза олеиновой кислотой с добавками.

Полученные автолизаты были использованы в качестве белок-связующих препаратов в бетонные смеси. Состав бетона, исследуемого в данной работе: 60 г бездобавочного портландцемента марки Хайдеберг и 20 мл водной фазы с разработанной добавкой. Были изготовлены 3 вида бетонных образцов с различными концентрациями препарата. В качестве контроля использовали бездобавочный образец. Определение прочности образцов на изгиб проводили на Разрывной машине 2166 Р-5 с предельной нагрузкой 5 кН через 1, 3, 7, 14 и 28 суток твердения. На рис.2. показано изменение прочности на изгиб во времени для различных концентраций связующей добавки.

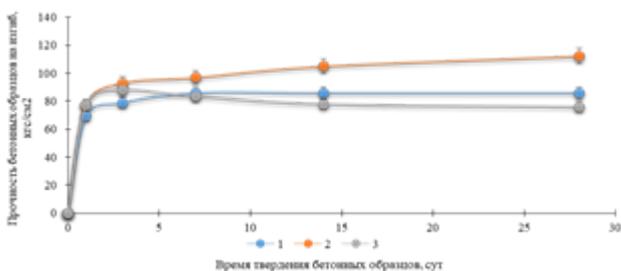


Рис.2. Динамика увеличения прочности на изгиб бетонных образцов с различным содержанием связующих добавок.

Условные обозначения: 1– динамика увеличения прочности контрольных образцов.

2 - динамика увеличения прочности образцов с однократным добавлением связующей добавки.

3 - динамика увеличения прочности образцов с удвоенным содержанием связующей добавки.

Наибольшую прочность на изгиб показали образцы с однократным добавлением автолизата активного ила метантенков.

Определение прочности на сжатие проводились на ручном гидравлическом прессе ПГР-1-50 с диапазоном измерения нагрузок от 100 кг до 5000 кг. На рис.3. отображено изменение прочности исследуемых образцов во времени.

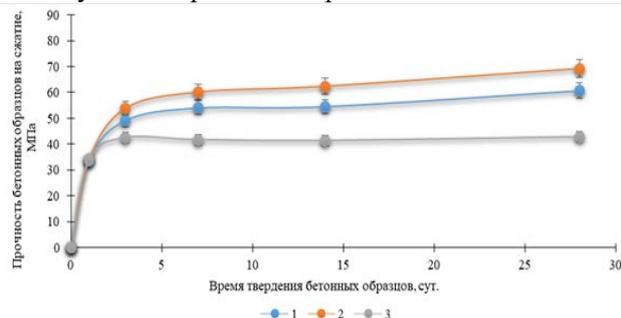


Рис 3. Динамика увеличения прочности на сжатие бетонных образцов с различным содержанием связующих биодобавок.

Условные обозначения: 1– динамика увеличения прочности контрольных образцов.

2 - динамика увеличения прочности образцов с однократным добавлением связующей добавки.

3 - динамика увеличения прочности образцов с удвоенным содержанием связующей добавки.

Наибольшую прочность на сжатие показали бетонные образцы с однократным добавлением автолизата активного ила метантенков.

В ходе проделанной работы были подобраны оптимальные условия для максимального выхода белковой ВМФ при автолизе активного ила метантенков Люберецких очистных сооружений, а автолизаты, используемые в качестве связующей добавки к бетонным смесям, показали свою эффективность. Разработанная добавка является актуальной, так как прочностные характеристики образцов превышают прочностные характеристики стандартных образцов: по истечении 28 суток наблюдается повышение прочности на изгиб до 24 %, на сжатие до 12% по сравнению с бездобавочным образцом.

Список литературы

1. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.

2. Ножевникова А. Н. и др. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография. – 2016. – 320 с.

3. Кочетков А.В., Кокодеева Н.Е., Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Шашков И.Г. Состояние современного методического обеспечения расчета и конструирования дорожных одежд // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 65-74.

4. Путьрская Е. А. Анализ методов утилизации активного ила при очистке сточных вод. – 2016.

5. Градова Н. Б. и др. Биотехнологические препараты для повышения качества строительных материалов //Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т. 50. – №. 5. – С. 46-56.

УДК 615.074

Юдина А.Н. Красноштанова А.А.

СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ ИЗ ЖЕЛТКА ЯИЦ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

Юдина Алеся Николаевна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии; Красноштанова Алла Альбертовна, доктор химических, доцент, профессор кафедры биотехнологии, e-mail: aak28@yandex.ru ;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Установлено оптимальное соотношение желтка и воды, обеспечивающее максимальное содержание белка в суспензии. Подобран наиболее эффективный метод выделения иммуноглобулинов из желтка.

Ключевые слова: IgY, желточные антитела.

METHODS OF EXTRACTION OF ANTIBODIES FROM POULTRY YOLK

Yudina A.N., Krasnoshtanova A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

It was adopted the optimal ratio of yolk and water providing the maximum protein content in the suspension. The most effective method of extraction of antibodies from the yolk was determined.

Keywords: IgY, yolk antibodies.

Введение

В связи с развитием пассивной иммунизации в последнее время все большую тенденцию набирает внедрение птичьих желточных антител в диагностике и профилактике против безвредных микроорганизмов, особенно, при лечении кишечных заболеваний. [1] Это в первую очередь связано с нарастающей устойчивостью микроорганизмов к антибиотикам.

Яичный желток является богатым источником иммуноглобулинов, общее содержание которых превышает 100 мг на одно куриное яйцо. [2] Большинство иммуноглобулинов желтка относится к классу IgY; другие классы, такие как IgA и IgM, также присутствуют в составе желтка, но в меньших количествах.

IgY птиц состоит из пяти доменов и не обладает генетически кодируемым шарниром. Вместо него имеются зоны «включения» с ограниченной пластичностью в доменных интерфейсах, что может быть полезно для некоторых важных биохимических свойств. Например, неспособность преципитировать антигены в физиологических растворах солей, что наблюдается у кур и уток. [3]

Для выделения IgY необходимо провести специфическую обработку, гарантирующую изоляцию иммуноглобулинов от липидной части желтка. Это достигается путем двухстадийной очистки: в первой - производится отделение водорастворимой фракции, содержащей IgY, от липидов и липопротеидов при pH 4-5, а во второй – выделение IgY из водорастворимой протеиновой фракции, используя дополнительные реагенты. [4]. Липиды также могут быть удалены из белковой фракции центрифугированием, фильтрацией, преципитацией (например, декстраном, хлоридом кальция, органическими растворителями) или путем замораживания-оттаивания разбавленного желтка. Поскольку желток яйца содержит и другие ценные белки, а его липиды также самостоятельное практическое значение, то представляется целесообразным подобрать режимы выделения

иммуноглобулинов из яичного желтка при их комплексной переработке. Таким образом, целью данной работы является выделение иммуноглобулинов из желтка куриного яйца.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования в работе был использован желток яйца сельскохозяйственной птицы производства птицефабрики ОАО «Снежка» с влажностью - 74%, содержанием жира в желтке - 32,6г/100г, сырого протеина в белке - 10,6%, в желтке - 16,6%, фосфолипидов в желтке – 29,6%. Желток предварительно обезжирили, смешав с этиловым спиртом в заданном соотношении. После чего наблюдалось осаждение в течение 30 мин. Осадок отделили центрифугированием и высушили при комнатной температуре. Содержание сырого протеина определяли микрометодом Къельдаля, белка в растворах – колориметрическим методом Лоури [5].

Экспериментальная часть

Согласно литературным данным вне зависимости от последующих стадий выделения иммуноглобулинов, на первом этапе проводят суспендирование желтка в воде. Поэтому первоначально необходимо было выбрать наиболее оптимальный гидромодуль желток:вода, обеспечивающий максимальную концентрацию белка в получаемом супернатанте. Для этого 1г высушенной обезжиренной этанолом желточной массы суспендировали в 5 мл, 10мл, 25мл и 50мл подкисленной дистиллированной воды (pH 5,0, устанавливали 0.2н HCl). После чего пробы выдержали при температуре -20⁰С в течение 18 часов. Далее их подвергли медленному оттаиванию при комнатной температуре. Затем произвели фильтрацию через бумажный фильтр. Концентрацию белка в супернатанте определяли методом Лоури. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Из полученных данных следует, что наилучшие желток:вода равно 1:10, поэтому его использовали при проведении дальнейших исследований.

Табл.1 Определение оптимального гидромодуля желток: вода дист.

№	Соотношение желток: вода, г: мл	Концентрация белка в супернатанте, г/л
1	1 : 50	0,76
2	1: 25	0,81
3	1:10	2,57
4	1:5	Не произошло разделения суспензии

Для выделения белка из супернатанта добавили твердый хлорид натрия до достижения 18,0%-ной концентрации и подкислили полученный раствор до pH 4,0 с помощью 0,2н раствора HCl. Для индуцирования преципитации IgY оставили приготовленный раствор на 18 часов при температуре -20°C, после чего осадок отделили центрифугированием при 10000 об/мин, температуре 4°C в течение 30 мин. Полученный осадок определили на содержание белкового азота с помощью метода Кьельдаля, а концентрацию супернатанта – с помощью метода Лоури. Было установлено, что содержание сырого протеина в осадке составило 54,25%, а остаточное содержание белка в надосадке – 1,0 г/л.

На основании полученных результатов был сделан вывод о чистоте полученного белка, а также о неполном осаждении протеина из раствора. В составе осадка присутствуют примесные липидные компоненты, поэтому в последующих этапах работы целесообразно проводить дополнительную очистку белковой фракции.

Поскольку степень осаждения белка оказалось невысокой было опробовано его предварительное концентрирование на мембране УАМ-10. Было установлено, что селективность по белку не превышает 50%, т.е. белок в получаемом супернатанте частично разрушен.

Для того чтобы минимизировать деструкцию иммуноглобулинов для очистки от липидов была апробирована согласно литературным смесь 0,2%-ного раствора хлорида кальция и 10% раствора декстрана. Для этого к полученному в результате суспендирования в воде обезжиренного желтка супернатанту добавили вышеуказанные реагенты в объемном соотношении 50:1. После чего оставили при температуре 4°C на 18 часов. Полученный помутневший раствор центрифугировали в течение 10 мин с скоростью 10 000 об/мин. В последующих этапах работы использовался осадок. К полученному осадку добавили раствор сульфата аммония (38 г на 100 мл дистиллированной воды - 50% насыщения) и тщательно перемешали и выдержали на холоду 17-18 часов. Осадок отделили центрифугированием при 4500 об/мин., температуре 10°C в течение 30мин. Для удаления избытка сульфата аммония осадок пятикратно промыли дистиллированной водой. Промывные воды отделяли центрифугированием при температуре 10°C, 4500 об/мин в течение 15 мин. В надосадочной жидкости качественно по наличию помутнения оценивали наличие сульфата с помощью 20% раствора хлорида бария. После 5-ой промывки надосадок после добавления хлорида бария не помутнел, поэтому данную кратность промывки можно считать достаточной. Промытый осадок высушили на воздухе и

проверили на содержание сырого протеина с помощью метода Кьельдаля. Содержание сырого протеина составило 48,65%. Как видно из полученных данных, в осадке присутствует неочищенный белок.

Было сделано предположение, что обезжиривание желтка проводилось в жестких условиях, приводящих к деструкции иммуноглобулинов. Поэтому на следующем этапе работы был взят нативный желток, разведенный в 10 раз в дистиллированной воде, который для лучшей гомогенизации смеси перемешали на магнитной мешалке и затем выдержали при температуре 4°C в течение 2 часов для эффективного разделения фракций. Далее в экспериментальной части мы использовали супернатант, полученный после декантирования. В полученный супернатант добавили 1,0 мл 1М раствора кальция хлорида (CaCl₂) и 0,2 мл 10% раствора декстрана и выдержали в течение 36 часов при температуре 4°C. Выпавший осадок липидов отделили центрифугированием в течение 10 мин при 10000 об/мин., к супернатанту добавили раствор сульфата аммония (38 г на 100 мл дистиллированной воды - 50% насыщения), выдержали 20 часов при температуре 4°C, осадок белка отделили центрифугированием со скоростью 4500 об/мин в течение 30 мин. Проводили удаление избытка солей сульфата аммония тем же способом, что описан в предыдущей методике. Затем осадок исследовали на содержание сырого протеина, применяя метод Кьельдаля. Было определено, что содержание сырого протеина составляет 37,82%. Из полученных данных следует, что нативный желток содержит большее количество липидов, чем обезжиренный. Необходим поиск более эффективного способа удаления липидной составляющей желтка, что является следующим этапом нашей работы.

Выводы

1. Подобран оптимальный гидромодуль желток:вода для достижения высокой концентрации белка. Его соотношение 1:10.

2. Установлено, что максимальное содержание сырого протеина получается из предварительно обезжиренной этанолом желточной массы. Его значение составляет 48,65-54,25%.

Список литературы

1. Mine Y., Kovacs-Nolan J. // J. Med. Food. – 2002. – Vol.5, N3. – P.159–169.
2. Каплин В.С., Каплина О.Н. IgY -технологии. Желточные антитела птиц - Биотехнология, 2017, Т. 33, № 2, С. 29–40
3. Warr, G.W., Magor, K.E. and Higgins, D.A. (1995). IgY: clues to the origins of modern antibodies. Immunol. Today 16, 392–398.
4. Petr Hodek, Pavel Trefil, Jiri Simunek, Jiri Hudecek Marie Stiborova Optimized Protocol of Chicken Antibody (IgY) Purification Providing Electrophoretically Homogenous Preparations Int. J. Electrochem. Sci., 8 (2013) 113 – 124.
5. Кусакина М.Г., Суворов В.И., Чудинова Л.А. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. Пособие – Перм. гос. нац. исслед. ун-т-Пермь, 2012, с. 5-11
6. Фримель Г.Г. Фримель. –М.:Медицина, 1987 - 472 с.

УДК

Прутских М.С., Ермоленко Б.В., Фетисова Ю.А.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ, ТОПЛИВНЫХ, РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ

Прутских Максим Сергеевич, студент 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева, e-mail: maxim.prutskikh@yandex.ru;

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент факультета биотехнологии и промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева;

Фетисова Юлия Александровна ведущий эксперт Центра развития возобновляемых источников энергии Института энергетики НИУ «Высшая школа экономики»,
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Сформулирована задача разработки информационно-вычислительной системы для оценки электроэнергетического, теплоэнергетического, топливного, ресурсосберегающего и экологического потенциалов ветровой энергии в точках градусной сетки РФ. Разработана структура системы и алгоритмы расчета потенциалов. Предусмотрена возможность оценки потенциалов для разных высот от поверхности земли, ветроэнергетических установок, направлений ветра, интервалов времени. Информационно-вычислительная система реализована на базе электронных таблиц Excel. Проведены расчеты потенциалов на всей территории РФ в 3506 узлах градусной сетки.

Ключевые слова: информационно-вычислительная система, ветроэнергетика, потенциал, электроэнергетический, теплоэнергетический, топливный, ресурсосберегающий, экологический, экономический, эколого-экономический

INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM FOR THE ESTIMATION OF ENERGY, FUEL, RESOURCE-SAVING, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC POTENTIALS OF WIND ENERGY

Prutskikh M.S., Ermolenko B.V., Fetisova Y.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The task of developing an information and computing system for estimating the electric power, heat and power, fuel, resource-saving and environmental potentials of wind energy at the points of the RF grid is formulated. The structure of the system and the algorithms for calculating potentials have been developed. It is possible to estimate the potentials for different heights from the surface of the earth, wind power installations, wind directions, time intervals. Information and computing system is based on Excel spreadsheets. The potentials were calculated throughout the territory of the Russian Federation at 3506 nodes of the degree grid.

Keywords: information and computing system, wind power, potential, electric power, heat and power, fuel, resource-saving, ecological, economic, ecological-economic

Последние десятилетия отмечены существенном ростом доли возобновляемой энергетики в общем объеме производства энергии. Это обусловлено желанием большинства стран снизить локальное и глобальной негативное воздействие традиционной топливной энергетики на окружающую среду, необходимостью сбережения ценных ископаемых ресурсов для будущих поколений, заботой об энергетической безопасности страны. Лидером по установленной мощности среди всех ВИЭ является ветроэнергетика. В Европе данный способ производства энергии составляет существенную часть энергобаланса. Правительство Российской Федерации начинает поддерживать и стимулировать развитие ветроэнергетики в нашей стране.

Для принятия решений о возможности включения в региональные программы развития данной отрасли проектов строительства конкретных ветроэнергетических станций (ВЭС), в первую

очередь, необходима информации о величине электроэнергетического потенциала ветра в конкретных точках территории рассматриваемой территориально-административной единицы. Если электроэнергетический потенциал окажется достаточным для удовлетворения нужд потребителей в электрической энергии, инвестору и администрации региона для экономического и эколого-экономического обоснования инвестирования средств в разрабатываемую программу понадобится информация о размерах топливного, теплоэнергетического, ресурсосберегающего, экологического, экономического и эколого-экономического потенциалов энергии ветра с учетом специфики энергоснабжения и топливопотребления на рассматриваемой территории.

С целью обеспечения участников инвестиционного процесса необходимой информацией разработана информационно-

вычислительная система (ИВС), предназначенная для расчета перечисленных выше потенциалов. В качестве источника исходной информации для оценки потенциальных возможностей ветровой энергии выбрана база данных NASA SSE, созданная на основе долголетних спутниковых наблюдений за поверхностью Земли. База содержит информацию о скоростных характеристиках ветра для всего земного шара с разрешением $1^\circ \times 1^\circ$. Территория РФ насчитывает 3506 узлов этой градусной сетки. Для каждого узла на основании обработки статистических данных представлены скоростные показатели: средние, минимальные и максимальные скорости ветра на базовой высоте 50 м над поверхностью земли, м/с; повторяемость скоростей ветра по градациям на высоте 50 м над поверхностью земли, %; средние скорости ветра на высоте 50 м над поверхностью земли для восьми 3-х часовых интервалов времени в течение суток, м/с; средние направления ветра на высоте 50 м над поверхностью земли, градусы; средние направления ветра на высоте 50 м над поверхностью земли для восьми 3-х часовых интервалов времени в течение суток, градусы; средние скорости ветра на высоте 10 м над поверхностью земли для территории типа «аэропорт», м/с; процентное различие скоростей ветра на высотах 10 м и 50 м над поверхностью земли для различных типов подстилающей поверхности, %; средние скорости ветра на высотах 50, 100, 150 и 300 м над поверхностью земли для различных типов подстилающей поверхности, м/с.

В состав показателей, включаемых в разработанную ИВС, входят для каждого узла и временного интервала: все рассмотренные выше скоростные характеристики ветра для базовой высоты 50 м, рассчитанные в системе параметры функции плотности распределения вероятностей скоростей ветра Вейбулла для различных высот от поверхности земли, соответствующие значения функции Вейбулла, кривые мощности ветроэнергетических установок (ВЭУ) разной высоты, доступные мощности этих установок, значения электроэнергетических, топливных, теплоэнергетических, ресурсосберегающих, экологических, экономических и эколого-экономических потенциалов. Предусматривается возможность оценки потенциалов энергии ветра для любых ветроэнергетических установок при проектировании ВЭС на территории Российской Федерации.

Используемая для оценки потенциалов функция Вейбулла, аппроксимирующая значения плотностей вероятностей скоростей ветра в диапазоне от 0 м/сек до $+\infty$, имеет следующий вид [1]:

$$f(u) = \frac{K}{A} \cdot \left(\frac{u}{A}\right)^{K-1} \cdot e^{-\left(\frac{u}{A}\right)^K} \quad (1),$$

где u – скорость ветра, м/с; A – параметр масштаба (скоростной), м/с; K – безразмерный параметр формы кривой (рис. 1).

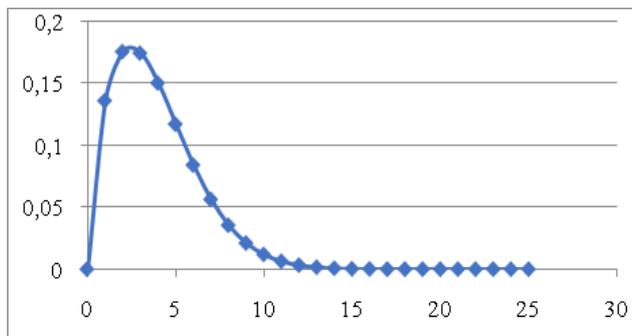


Рис. 1. Функция плотности вероятностей распределения скоростей ветра

Кривая мощности $M(u)$ ветроэнергетической установки изображена на рис. 2

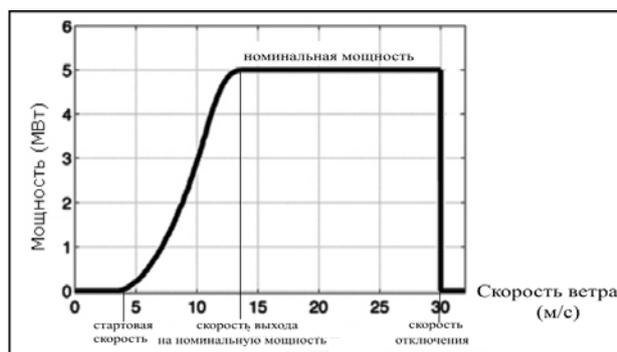


Рис. 2. Кривая мощности ветроэнергетической установки [2].

Наличие функции Вейбулла и кривой мощности ВЭУ позволяет оценить доступную мощность

$$M_{\text{дост.}} = \sum_{u=0}^{u=30} f(u) \cdot M(u) \quad (2).$$

Параметры этой функции для различных временных интервалов и высот рассчитываются на основе данных о повторяемости скоростей ветра по градациям на базовой высоте 50 метров, с помощью разработанной методики. Для оценки параметров $A_{h_{\text{баз.}}\text{,мес.}}$ и $K_{h_{\text{баз.}}\text{,мес.}}$ на базовой высоте используется метод наименьших квадратов. Переход к t -му трехчасовому интервалу осуществляется с применением средних скоростей ветра и формул

$$A_{h_{\text{баз.}}\text{,}t} = \left(\frac{u_{\text{ср.}} \cdot h_{\text{баз.}} \cdot t}{u_{h_{\text{баз.}}\text{,мес.}}}\right) \cdot A_{h_{\text{баз.}}\text{,мес.}} \quad (3),$$

$$K_{h_{\text{баз.}}\text{,}t} = K_{h_{\text{баз.}}\text{,мес.}} \quad (4),$$

а к другой высоте h с использованием соотношений

$$A_h = \left(\frac{h}{h_{\text{баз.}}}\right)^\alpha \cdot A_{h_{\text{баз.}}} \quad (5), \quad K_h = K_{h_{\text{баз.}}} \quad (6),$$

где α – коэффициент шероховатости подстилающей поверхности в точке расчета.

Для оценки эффективности целесообразно определить коэффициент использования установленной мощности. Рассчитанные значения доступной мощности позволяют перейти к вычислению электроэнергетического потенциала. Помимо доступной мощности для его оценки необходима информация о количестве часов за рассматриваемый временной интервал. Оценку

энергетического потенциала нельзя считать полной, если не будет рассчитан теплоэнергетический потенциал, который характеризует возможность преобразования вырабатываемой электрической энергии в тепловую.

В основу обоснования эффективности инвестирования средств в развитие ветроэнергетики положены значения топливного, ресурсосберегающего, экологического, экономического и эколого-экономического потенциалов. Отправной точкой расчётов служит значение топливного потенциала, выраженного в тоннах условного топлива. Однако, важнейшим показателем для проведения обоснования является ресурсосберегающий потенциал, оцениваемый в натуральном выражении в т/год. Он характеризует количество мазута, угля, дизельного топлива или газа, которое использовалось бы в районе размещения ВЭС при производстве энергии на тепловых электростанциях в количестве, соответствующем энергетическому потенциалу энергии ветра. Помимо натуральной оценки ресурсосбережения используют стоимостную, которая задает величину экономического потенциала, руб/год. Исходя, из объемов потребления конкретного вида топлива имеется возможность произвести расчёт экологического потенциала. Экологический потенциал измеряется в т/год и характеризует величину предотвращённых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от тепловых электростанций и котельных. Обобщающими показателями предотвращаемых выбросов являются объемы выбросов в тоннах СО-эквивалента и в тоннах СО₂-эквивалента. Стоит отметить, что пока рассматривается только предотвращение загрязнения атмосферы как наиболее существенное воздействие на человека и другие биологические объекты.

Заключительным этапом в формировании ИВС является расчёт эколого-экономического потенциала, соответствующего величине предотвращаемого эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы d в руб./год. Для локального воздействия на окружающую среду расчёт проводится согласно стандартной методике [3]. Глобальное воздействие оценивается исходя из потенциальных ставок платы за выбросы

парниковых газов в т СО₂-экв. Взяв во внимание проводимые изменения в законодательстве по установлению платы за выбросы СО₂, расчёт этого показателя проводится по средневропейской ставке платы за выбросы - 30 EUR/т СО₂-экв. [4].

Таким образом, впервые была разработана информационно-вычислительная система для эколого-экономического обоснования программы развития региональной энергетики на базе ВИЭ и инвестирования средств в строительство отдельных ветровых электростанций. Система содержит информацию о потенциалах энергии ветра в 3506 узлах градусной сетки РФ для различных высот, временных интервалов и ветроэнергетических установок. Разработанная ИВС реализована на основе электронных таблиц Excel. Планируется переход к использованию метеорологических баз данных с более мелким шагом, создание многослойной карты с помощью ГИС-технологий и объединение в данной системе ветроэнергетики с другими видами ВИЭ.

Список литературы

1. Фетисова Ю.А., Ермоленко Б.В., Ермоленко Г.В., Киселева С.В. Определение параметров функции Вейбулла для оценки ветроэнергетического потенциала в условиях ограниченных исходных метеорологических данных // Теплоэнергетика. - 2017. - №4. - С. 13-20.
2. Б.В. Ермоленко, Г. В. Ермоленко, Ю.А. Фетисова. Методы количественной оценки энергетического, ресурсосберегающего и экологического потенциалов энергии ветра. Серия: Энергетика XXI век «Возобновляемые источники энергии». Выпуск 1; сб. научн. трудов НИУ ВШЭ. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015.- 41– 59 сс.
3. Н.П. Тарасова, Б.В. Ермоленко, В.А. Зайцев, С.В. Макаров. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 230 с.
4. Институт комплексных стратегических исследований. Плата за выбросы парниковых газов по странам мира // События и комментарии. - 2016. - №10. - С. 1-2.

УДК 543.57

Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, Мин Тху, Мьят Мин Тху, Нистратов А.В., Клушин В.Н.

НОВЫЕ АДСОРБЕНТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЬЯНМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Наинг Линн Сое, аспирант кафедры промышленной экологии

Зин Мое, аспирант кафедры промышленной экологии

Со Вин Мьинт, докторант кафедры промышленной экологии

Мин Тху, аспирант кафедры промышленной экологии

Мьят Мин Тху, аспирант кафедры промышленной экологии

Нистратов А.В., доцент кафедры промышленной экологии

Клушин В.Н., профессор кафедры промышленной экологии, E-mail: dvk1971april@mail.ru*

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва, 125047, Миусская площадь, д. 9

В работе представлены оптимальные условия пиролиза производственных отходов предприятий Мьянмы в виде фрагментов скорлупы кокосовых орехов и косточек сливы, древесины железного (бирманского) дерева, оболочек семян манго, рисовой шелухи и полевых остатков возделывания хлопчатника (гуза-паи) и активации полученных зауглероженных материалов (карбонизатов) водяным паром, охарактеризованы стандартные показатели пористой структуры и поглощательной способности этих материалов, приведены сопоставительные характеристики эффективности их использования в задачах очистки сточных вод и газовых выбросов.

Ключевые слова: углеродсодержащие отходы, активные угли, условия получения, пиролиз, активация водяным паром, пористая структура, очистка сточных вод и газовых выбросов

NEW ADSORBENTS FROM AGRICULTURAL WASTES OF MYANMAR FOR SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Naing Linn Soe, Zin Moe, Saw Win Myint, Min Thu, Myat Min Thu, Nistratov A.V., Klushin V.N.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

In this paper are presented the optimal conditions for the pyrolysis of industrial waste of Myanmar enterprises in the form of coconut shell and plum seed shell fragments, iron (Burmese) wood, mango seed shells, rice husks and cotton crop field residues and activation of the obtained carbonized materials with steam, the standard indicators of the porous structure and absorptive capacity of these materials are described, comparative characteristics of efficiency of their use in problems of cleaning of wastewater and gas emissions are given.

Key words: carbonaceous waste, activated carbon, the conditions for obtaining, pyrolysis, activation by steam, porous structure, cleaning of wastewater and gas emission

Значительные массы растительных отходов многих производств республики Союз Мьянма являются перспективным сырьем для производства активных углей. В свете политики этого государства, связанной с обращением с такими отходами и преследующей цель их рационального использования [1-3], разработка основ технологии переработки такого вторичного сырья в активные угли представляется весьма значимой для национальной экономики. Данная задача тем более актуальна для этой страны, практически не располагающей собственными производствами таких адсорбентов, что ее многочисленные производства нуждаются в их использовании, в основном с целью обработки сточных вод и газовых выбросов, слабо реализуемом из-за, в частности, значительных цен мирового рынка на эти материалы.

Среди названных растительных отходов в работе исследованы, как весьма перспективные крупнотоннажные их представители, воздушно-

сухие образцы в виде рисовой шелухи (РШ), фрагментов древесины бирманского железного дерева (ДЖД), скорлупы орехов кокоса (СКО) и косточек сливы (СКС), оболочек семян манго (ОСМ) и гуза-паи (ГП) – полевых остатков выращивания хлопчатника. Переработка ряда из них, судя по данным литературных источников [4-14], обеспечивает получение активных углей достаточно высокого качества. Исследования выполнены с использованием для переработки перечисленных отходов простой в реализации и доступной в условиях страны технологии, включающей в качестве ключевых стадий пиролиз и активацию его науглероженных продуктов водяным паром.

Согласно выполненным исследованиям, оптимальные условия реализации этих стадий в виде совокупности показателей интенсивности нагревания v , предельной температуры t , длительности изотермической выдержки при ней τ и удельного расхода водяного пара на единицу получаемого активного угля P , а также показателей

выхода по отношению к сырью В, плотности d и прочности при истирании Π карбонизатов (числитель) и активных углей (знаменатель) представлены в табл. 1.

Показатели зольности названных сырьевых материалов и продуктов их охарактеризованной переработки меняются в перечне «сырье-карбонизат-активный уголь» и в процентах составляют 22,57-48,54-50,74 для РШ, 1,7-3,4-6,2 для ГП, 1,4-3,0-5,7 для ОСМ, 1,0-1,6-3,3 для ДЖД, 0,6-0,90-1,7 для СКС и 1,11-2,03-2,93 для СКО.

Тестирование показателей структуры пор и адсорбционной способности целевых продуктов выполненной переработки отходов с привлечением традиционных оценок показателей суммарного объема пор по воде (V_{Σ}), объемов сорбирующих пор (V_s) по парам H_2O , CCl_4 и C_6H_6 , поглощения йода (J_2) и красителя метиленового голубого (МГ) обеспечило результаты, охарактеризованные в табл. 2.

Таблица 1. Условия обработки сырья и показатели целевых продуктов

Сырье	Оптимальные условия				Свойства продуктов		
	v , °С/мин	t , °С	τ , мин	P , кг/кг	B , %	d , кг/дм ³	Π , %
СКО	15/15	700/850	180/60	3	25,3/15,3	0,54/0,41	97,7/98,0
СКС	15/15	600/850	10/30	15	31,8/23,9	0,30/0,24	98,0/90,0
РШ	15/15	650/750	30/30	7	42,3/38,5	0,11/0,08	44,7/28,0
ДЖД	15/15	550/850	60/60	5	29,3/11,7	0,21/0,17	98,0/60,0
ОСМ	10/10	600/800	30/90	5	24,8/10,1	0,12/0,14	97,0/66,8
ГП	10/5	750/800	60/45	15	26,1/19,6	0,18/0,13	86,0/53,0

Таблица 2. Показатели пористости и поглотительных свойств карбонизатов (числитель) и активных углей (знаменатель)

Объект	Показатели					
	V_{Σ} , см ³ /г	V_{SH_2O} , см ³ /г	V_{SCCl_4} , см ³ /г	$V_{sC_6H_6}$, см ³ /г	J_2 , %	МГ, мг/г
СКО	0,16/0,38	0,15/0,37	0,03/0,14	0,16/0,32	40,30/62,05	5,3/280,7
СКС	0,68/0,92	0,09/0,19	0,06/0,34	0,18/0,37	77,19/86,73	3,5/153,0
РШ	1,37/1,27	0,11/0,13	0,09/0,08	0,11/0,16	70,30/78,80	305,0/535,0
ДЖД	0,70/1,57	0,11/0,13	0,03/0,67	0,15/0,78	41,20/98,10	3,5/400,0
ОСМ	0,87/1,25	0,13/0,15	0,05/0,31	0,17/0,31	29,4/104,8	6,9/210,4
ГП	1,32/1,79	0,13/0,23	0,03/0,26	0,12/0,26	71,1/34,29	6,6/204,0

В соответствии с данными табл. 1 и 2 активный уголь на базе СКО является наиболее микропористым среди полученных адсорбентов. Он же наряду с углем на основе СКС и наиболее прочен. Однако в целом некоторые его показатели значительно уступают таковым активных углей на кокосовой основе, охарактеризованных в обзоре работы [4].

Активные угли, полученные из скорлупы косточек слив, абрикосов и персиков, охарактеризованы в статье [15]. Показатели их насыпной плотности находятся в пределах 0,4-0,6 г/см³, величины $V_{sC_6H_6}$, – 0,6-0,8 см³/г, объемы микро- и мезопор – 0,35-0,45 и 0,5-0,8 см³/г соответственно. Эти угли в сравнении с углем на основе СКС характеризует большая степень обгара (60-75 %), но меньшая прочность при истирании (65-80 %). Авторы отмечают их высокую химическую устойчивость, повышенную механическую прочность при высокой пористости (0,8-1,1 см³/г) и возможность циклической эксплуатации.

Активные угли, полученные различными приемами парогазовой активации карбонизатов косточковых отходов, образующихся при переработке слив, абрикосов, вишни, черешни, винограда, персика наряду со скорлупой орехов, представлены в работе [16]. Качество их выражено показателями поглощения МГ и удельной поверхности $S_{уд}$. Лучшим выделен активный уголь с величиной $S_{уд}$ около 600 м²/г и выходом 10,1 %, полученный из абрикосовых косточек. Следует отметить, что указанный показатель выхода является существенно меньшим, чем для охарактеризованных выше углей на основе СКО и СКС.

Активный уголь на базе отходов ДЖД характеризует существенное превосходство в показателе удельного объема мезопор по сравнению с другими активными углями на древесной основе, охарактеризованными в работе [17].

По поглотительным свойствам активный уголь, полученный из отходов ОСМ, существенно уступает активным углям, произведенным из этого

сырья и охарактеризованным в работах [5-7]. Наряду с этим его прочность при истирании превосходит этот показатель для углей, полученных из близких по природе отходов ДЖД и гуза-паи,

Продукт указанной переработки РШ представляет собой материал черного цвета, имеющий высокое содержание SiO_2 и весьма низкую прочность. Как адсорбент, его характеризуют существенно более низкие показатели по сравнению с продуктами термической переработки РШ, охарактеризованной, например, в работах [10, 11].

Сравнение свойств целевых продуктов переработки отходов возделывания хлопчатника (см. табл. 1 и 2) с таковыми карбонизата и активного угля на основе гуза-паи Джизакской области Узбекистана, полученных в работе [14], свидетельствует, что при переработки гуза-паи из Мьянмы величины адсорбции СБН6 и красителя метиленового голубого выход целевых продуктов

обеих операций выше, а значения гравиметрической плотности и поглощения йода несколько ниже.

Полученные активные угли оценены в качестве агентов очистки производственных сточных вод [4,18-20], модельных паро-воздушных смесей н-бутанола (как представителя широкого круга летучих органических растворителей) и при решении других смежных задач. Итоги выполненных оценок свидетельствуют о возможности и рациональности их использования с названными целями [21-25].

Данные табл. 2 хорошо согласуются с информацией о пористой структуре целевых продуктов переработки характеризуемых отходов, полученной методом низкотемпературной адсорбции азота с использованием оборудования ЦКП РХТУ им. Д.И. Менделеева и представленной в табл. 3.

Таблица 3. Показатели пористой структуры карбонизатов (К) и активных углей (АУ), полученных переработкой использованных отходов

Показатель	СКС К	СКС АУ	ДЖД К	ДЖД АУ	СКО К	СКО АУ
BET Surface Area, m^2/g	411,5	785,9	-	737,2	93,5	707,7
t-Plot Micropore Area, m^2/g	388,3	619,4	302,7	391,8	88,8	703,6
t-Plot Micropore Volume, cm^3/g	0,15	0,246	0,1	0,14	0,035	0,278
VН Adsorption average pore deiameter, нм	6,11	4,158	7,736	5,57	-	5,034
VН Desorption average pore deiameter, нм	9,57	3,527	14,436	4,54	-	4,235
Д/Р Micropore surface area, m^2/g	472,4	846,7	338,9	800,2	-	-
Д/А Micropore surface area, m^2/g	381,8	827,2	264,3	801,3	-	-
Limiting Micropore Volume, cm^3/g	0,1568	0,312	0,11	0,31	0,037	0,28
Общая адсорбция, cm^3/g	0,129	0,159	-	-	0,158	0,378
Поверхность по Ленгмюру, m^2/g	-	-	345,8	-	-	-
Общая поверхность (адсорбция), m^2/g	-	-	-	-	-	47,342
Общая поверхность (десорбция), m^2/g	-	-	-	-	-	62,616
Показатель	РШ К	РШ АУ	ОСМ К	ОСМ АУ	ГП К	ГП АУ
BET Surface Area, m^2/g	216,1	263,4	-	577,7	433,5	
t-Plot Micropore Area, m^2/g	-	-	405,4	535,0	412,2	461,3
t-Plot Micropore Volume, cm^3/g	-	-	0,14	0,21	0,16	0,16
VН Adsorption average pore deiameter, нм	5,3365	5,5381	12,1439	5,7015	8,1264	8,10
VН Desorption average pore deiameter, нм	4,4041	4,6730	16,0233	4,6482	6,7053	7,21
Д/Р Micropore surface area, m^2/g	-	-	428,4	626,2	475,7	463,5
Д/А Micropore surface area, m^2/g	-	-	454,5	640,8	472,9	463,6
Limiting Micropore Volume, cm^3/g	-	-	0,16	0,236	0,177	0,17
Общая адсорбция, cm^3/g	-	-	-	-	-	480,6
Поверхность по Ленгмюру, m^2/g	0,129	0,159	-	-	-	-
Общая поверхность (адсорбция), m^2/g	28,1	39,9	-	-	-	-
Общая поверхность (десорбция), m^2/g	33,9	50,8	-	-	-	-

Сведения названных публикаций позволяют заключить, что максимально эффективную (99,8 %) и быструю (7 минут контакта фаз) очистку стока АО «Москокс» с концентрацией органического углерода $C_{Oy} = 75,0$ мг/л обеспечивает уголь, полученный из скорлупы кокосовых орехов. Менее значимый эффект дает использование активного угля марки БАУ (70,7 %) и угля на основе СКС (53,7 %) при обработке того же стока с концентрацией $C_{Oy} = 75,0$ и 53,7 мг/л соответственно, обеспечивающей завершение очистки к 20-й минуте контакта фаз. Использование Угли из отходов ОСМ и ДЖД обеспечивают очистку на 71,1 и 50,0 % при близких концентрациях C_{Oy} , составляющих 84,0 и 90,0 мг/л в течение 8 и 10 минут контакта фаз соответственно. Более длительный их контакт со сточной водой приводит к росту показателя C_{Oy} , связанному с процессами вытеснительной сорбции [18]. Высококремнеземистый углеродминеральный адсорбент из РШ обеспечивает при обработке стока с концентрацией $C_{Oy} = 42$ мг/л практически 100 %-ную очистку при наиболее медленной кинетике процесса.

В процессе адсорбции паров бутанола из их смесей с воздухом максимальную величину поглощения при 20 °С (128 мг/г) при длительности контакта фаз ~35 мин обеспечивает активный уголь на основе СКО. Меньшую емкость (100,0 мг/г) и большую длительность насыщения (100 мин) демонстрирует уголь на базе ДЖД. К еще меньшему поглощению (68,8 мг/г) на 60-й минуте контакта фаз приводит использование угля, полученного из СКС. Но и ему уступает уголь марки БАУ, приводящий к максимальной адсорбции (65 мг/г) при такой же длительности процесса. Активный уголь на базе ОСМ характеризует еще более низкая величина поглощения бутанола (43 мг/г), достигаемая, однако, наиболее быстро (на 8-й минуте реализации процесса). Наименьшую величину поглощения (21 мг/г) обеспечивает в течение 20 мин кремнеуглеродный адсорбент на основе РШ.

Подводя итоги изложенному выше, следует подчеркнуть определенные несоответствия ряда показателей пористой структуры и поглотительной способности охарактеризованных активных углей отмеченному в имеющихся публикациях уровню лучших адсорбентов, получаемых из аналогичных отходов. Это обстоятельство обуславливает необходимость более детальных исследований названной ориентации, хотя и названные адсорбенты могут являться конкурентоспособной продукцией при организации их производства в условиях Мьянмы.

Список литературы

1. Forest resources of Myanmar [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.timbertradeportal.com/countries/myanmar/> (дата обращения: 01.08.2018).
2. Department of Agriculture (DOA). Ministry of Agriculture and Irrigation, Department of Agriculture,

Myanmar Horticultural Crops Production Report (2010-2011). [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/docs/MM3/Statements/Myanmar.pdf (дата обращения: 27.10.2018).

3. Экономика Мьянмы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://myanmar.mid.ru/ekonomika-m-anmy> (дата обращения: 08.10.2017).

4. Со Вин Мьянт. Переработка скорлупы орехов кокоса республики Мьянма в активные угли: дисс... канд. техн. наук. М., 2017. – 145 с.

5. Akpen G.D., Nwaogazie I.L., Leton T.G.. Optimum conditions for the removal of colour from waste water by mango seed shell based activated carbon // Indian Journal of Science and Technology, 2011, vol. 4, № 8, pp. 890-894.

6. Rai M.K., Shahi G., Meena V., Meena R., Chakraborty S., Rai B.N., Singh R.S. Preparation and characterization of activated carbon from mango seed kernel for heavy metal removal from aqueous solution [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/310369535> (дата обращения: 20.09.2017).

7. Akpen G.D., Nwaogazie I.L., Leton T.G.. Adsorption characteristics of mango (Magnifera indica) seed shell activated carbon for removing phenol from wastewater // Journal of Applied Science and Technology, 2014, vol. 19, № 1 и 2, pp. 43-48.

8. Кудайбергенов К.К. Разработка и изучение карбонизованных сорбентов для очистки воды от нефтяных загрязнений. Дисс. д.ф. (PhD). Алматы, 2012. – 101 с.

9. Получение сорбентов карбонизацией рисовой шелухи для очистки воды от нефтепродуктов. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://docviewet.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fpratsi.opu.ua%2Fapp%2Fwebroot%2F> (дата обращения: 3.08.2016).

10. Елецкий П.М. Синтез и исследование углерод-кремнеземных нанокмозитов, мезо- и микропористых материалов из высокозольной биомассы // Дисс. на соискание ученой степени к.х.н. Новосибирск, 2009. – 115 с.

11. Холмейдик А.Н. Получение, состав и свойства кремний- и углеродсодержащих продуктов переработки плодовых оболочек риса // Дисс. на соискание ученой степени к.х.н. Владивосток, 2016. – 136 с.

12. Епифанцева Н.С., Симкин Ю.Я. Изменение химического состава древесины и свойств получаемых активных углей в зависимости от длительности сроков сушения дерева. Современные проблемы науки и образования. РАЕН, 2008, № 4, с. 25-26.

13. Khalil L.B. Adsorption characteristics of activated carbon obtained from rice husks by treatment with phosphoric acid // Adsorpt. Sci. and Technol., 1996, v. 13, № 5, pp. 317-325.

14. Сербина Т.В. Разработка технологии активных углей из гуза-паи (отхода хлопчатника). Дисс. к.т.н. – М.: МХТИ, 1993. – 223 с.

15. Галушко Л.Я., Хазанов В.А., Пашенко Л.В. и др. // Химия твердого топлива, 1998, № 3, с. 33-37.
16. Касьянов Г.И., Нематуллаев И., Палагина И.А. и др. Производство активного угля из скорлупы косточек плодовых культур и его регенерация [Электронный ресурс] режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proisvodstvo-aktivnogo-uglya-iz-...> (дата обращения: 17.06.2018).
17. Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов // Учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 308 с.
18. Зубахин Н.П., Клушин В.Н., Старостин К.Г., Нистратов А.В. Условия и особенности очистки стоков коксохимического производства углеродными адсорбентами // Кокс и химия, 2015, № 2, с. 39-43.
19. Наинг Линн Сое. Переработка отходов древесины железного дерева в активные угли. Автореферат дисс. к.т.н. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2019. – 16 с.
20. Зин Мое. Исследование рациональности и эффективности переработки отходов консервирования плодов манго на активные угли. Автореферат дисс. к.т.н. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2019. – 16 с.
21. Уханова А.А., Со Вин Мьинт, Градова Н.Б., Клушин В.Н. Исследование возможности использования сорбента, полученного из отходов переработки плодов кокоса, в технологии биоминерализации. Успехи в химии и химической технологии, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017, том XXXI, № 9 (190), с. 75-76.
22. Зин Мое, Наинг Линн Сое, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. Сравнительная эффективность активных углей, полученных из отходов консервирования плодов манго, в решении природоохранных задач. Сб. материалов международной конф. «Химическая технология функциональных наноматериалов» М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017, с. 77-78.
23. Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. Поглощительные свойства наноструктурированных адсорбентов на основе отходов разделки древесины пуинкадо. Сб. материалов международной конф. «Химическая технология функциональных наноматериалов» М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017, с. 187-188.
24. СиТхуАунг, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. Регенерация и эффективность циклического использования кремнеуглеродного адсорбента на базе рисовой шелухи. Сб. материалов международной конф. «Химическая технология функциональных наноматериалов» М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017, с. 245-246.
25. Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинт, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Технологические основы переработки отходов возделывания хлопчатника и консервирования сливы с получением активных углей. Материалы междунар. н/пр. конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018» Севастополь: Сев. ГУ, 2018, с. 64-66.

УДК 628.349.087.5

Кручинина Н.Е., Азопков С.В., Хаердинова А.Р.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Азопков Сергей Валерьевич, аспирант кафедры биотехнологии и промышленной экологии,

e-mail: sergej.azopkov@mail.ru

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

Хаердинова Арина Романовна, студентка 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии

Кручинина Наталия Евгеньевна, д.т.н., профессор, декан факультета биотехнологии и промышленной экологии, заведующая кафедрой промышленная экология, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, корп. 1

Поиск усовершенствованных методов очистки на сегодняшний день является актуальным направлением. В настоящей работе исследован метод электрокоагуляционной очистки пластовой воды на титановых и алюминиевых электродах при различных условиях. Была получена эффективность удаления взвешенных веществ из пластовой воды.

Ключевые слова: очистка пластовой воды, электрокоагуляция, титан, алюминий

TREATMENT OF THE WASTE WATER OIL PRODUCTION INDUSTRY

Kruchinina N.E., Azopkov S.V., Khaliullina D.R., Khaerdinova A.R.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The search for improved treatment methods is by far the current direction. In the present work, the method of electrocoagulation treatment of formation water on titanium and aluminum electrodes under various conditions was investigated. Was obtained removal of suspended solids from the reservoir water.

Keywords: formation water purification, electrocoagulation, titanium, aluminum.

В процессах водоподготовки промышленных сточных вод, одним из основополагающих процессов очистки является физико-химическая стадия, основанная на таких процессах как коагуляция и флокуляция, адсорбция, окисление, осаждение и т.д.

Однако наибольшее внимание уделяется коагуляционным методам очистки, в процессе которых из сточной воды удаляются нерастворимые неорганические (песок, глина, гидроксиды, фосфаты и другие соединения тяжелых металлов), органические примеси, способствуя снижению ХПК и БПК очищаемой среды. Среди многих органических загрязняющих веществ стоит выделить нефтепродукты, которые при попадании в водный объект, уже при их концентрации выше 10 мг/л, ухудшают органо-лептические показатели воды (наблюдается появление «радужного зеркала» на поверхности воды) и нарушают процессы тепло и кислородообмена. Одной из проблем, связанных с удалением нефтепродуктов из сточной воды, является проблема очистки пластовых вод, образующихся в результате разведки нефтяных скважин и добычи нефти.

Пластовые воды имеют весьма большой объем, что связано с необходимостью подачи во вспомогательную скважину больших количеств пара во время нефтедобычи. Кроме того, пластовые воды, как правило, содержат очень высокие концентрации

нефтепродуктов (до 500 мг/л), характеризуются также высокой температурой (до 70-80 градусов), высокой плотностью и минерализацией свыше 10 г/л. Наличие высоких концентраций нефтепродуктов и особенно взвешенных веществ, а также высокой температуры, препятствуют их повторному использованию и сбросу в окружающую среду без предварительной очистки.

Одним из наиболее простых методов удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов является коагуляционная, электрокоагуляционная обработка, отстаивание и декантирование. Данные методы очистки несложны с точки зрения аппаратного оформления и эксплуатации.

В настоящее время для процессов коагуляции широкое распространение получили коагулянты сульфат алюминия, сульфат железа, хлорид и оксихлорид алюминия. Несмотря на свою высокую эффективность и низкую стоимость, данным реагентам присущи определенные недостатки. Так, например, соединения алюминия плохо работают в холодной воде, а соединения железа могут образовывать комплексы с органическими соединениями. Альтернативным способом устранения недостатков, присущим традиционным коагулянтам в процессах коагуляции, является применение электрокоагуляционной обработки пластовой воды с применением алюминиевых или титановых электродов.

Титан, являясь высоковалентным элементом, в процессе электролиза образует гидроксид титана с развитой сорбционной структурой, обладающий высокой сорбционной и очищающей способностью по отношению к различным загрязняющим веществам.

Материалы и методы исследования

В качестве очищаемой среды использовали модельную воду, соответствующую по составу реальной пластовой воде. Модельная вода характеризуется следующими показателями: рН 9,1; электропроводность 4,3 Си, нефтепродукты 104,2

мг/л; мутность 157 мг/л. В экспериментах использовали два вида электродов: алюминиевые и титановые. Эффективность электрокоагуляции оценивали по показателю мутность.

Исследование электрокоагуляционной очистки модельной пластовой воды

Процесс электрокоагуляции проводили на лабораторном электрохимическом реакторе, подключенным к источнику питания для создания необходимого напряжения и силы тока. Плотность тока в эксперименте изменялась от 0,0125 до 0,05 А/м², время процесса составляло 5 минут (табл.1).

Таблица 1- Условия и результаты электрокоагуляционной очистки пластовой воды на примере показателя мутности.

Электроды	Напряжение, В	Плотность тока, А/м ²	Содержание взв.в-в после очистки, мг/л	Степень очистки, %
Алюминиевые	5	0,0125	7,85	95
	9	0,025	3,93	97,5
Титановые	16,2	0,025	49,3	68,6
	17,3	0,05	110,2	29,8

На основании результатов по эффективностям снижения мутности после процессов электрокоагуляционной обработки модельной пластовой воды видно, что применение титановых электродов приводит к увеличению энергозатрат более чем 2 раза по сравнению с электропотреблением на алюминиевых электродах. Высокое энергопотребление титановых электродов можно объяснить большей энергией ионизации титана (657,8 эВ), которая препятствует растворению металла и образованию его гидроксида, и более высоким электродным потенциалом (-1,66 В) по сравнению с алюминиевыми электродами, для которых энергия ионизации (557,5 эВ) и электродный потенциал (-1,66 В).

Заключение

В результате проведенных экспериментов получены результаты электрокоагуляционной очистки модельной пластовой воды. Установлено, что алюминиевые электроды обеспечивают более эффективную очистку по показателю мутности с наименьшими энергозатратами. Для полной оценки эффективности очистки пластовых вод методом электрокоагуляции на алюминиевых и титановых электродах, будет проведен ряд более широких экспериментов, контролируя эффективность по показателям: нефтепродукты, скорость осаждения хлопьев, коэффициент и скорость фильтрации коагуляционных осадков.

Литература

1. А.И. Волков, И.М. Жарский Большой химический справочник.-Мн.:Современная школа, 2005.- 608с.

2. Л. Х.Сангаджиева, Д. Э. Самтанова Химический состав пластовых вод и их влияние на загрязнение почвы // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 3 (50) - С. 168-178.

2. Л.А.Кульский, П.П. Строкач, В.А.Слипченко, Е.И. Сайгак .Очистка воды электрокоагуляцией. – Киев: Будвельник, 1978.

3. Н.Н. Буков, Е.Д.Ганоцкая, В.Т. Панюшкин. Электрокоагуляционная деминерализация нефтяных сточных пластовых вод // сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции на базе Кубанского государственного технологического университета совместно с Российской академией естественных наук, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". 2017. С. 62.

4. Zhao Y.X., Gao B.Y., Zhang G.Z., Phuntsho S., Wang Y., Yue Q.Y., Li Q., Shon H.K./Comparative study of floc characteristics with titanium tetrachloride against conventional coagulants: effect of coagulant dose, solution pH, shear force and break-up period// Chemical Engineering Journal. — № 233. —2013. — С.70-79.

5. Zhao Y.X., Gao B.Y., Zhang G.Z., Qi Q.B., Wang Y., Phuntsho S., Kim J.-H., Shon H.K., Yue Q.Y., Li Q., /Coagulation and sludge recovery using titanium tetrachloride as coagulant for real water treatment: a comparison against traditional aluminum and iron salts// Chemical Engineering Journal. — № 130.—2014. — С.19-27.

УДК 661.183.2

Нистратов А.В., Станкевич О.В., Башмакова О.В., Зайцева А.Д., Родина Д.А.

КОМПОЗИТНЫЕ АДсорбЕНТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ БЕНЗОЛА

Нистратов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент

Станкевич Оксана Викторовна, студент

Башмакова Ольга Витальевна, студент

Зайцева Александра Дмитриевна, студент

Родина Дарья Александровна, студент

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия

г. Москва, Миусская пл., 9

e-mail: alvinist@muctr.ru

В этой работе рассмотрены новые композитные адсорбенты, предназначенные для улавливания бензола из паровоздушных смесей. Показано, что материал из силикагеля и пенополиуретана имеет наибольшую равновесную ёмкость по бензолу. Изотерма адсорбции бензола на данном адсорбенте описывается моделью Ленгмюра. Быстрая термическая регенерация при 120 °С обеспечивает циклическое использование этого композитного адсорбента в процессе рекуперации бензола из газовых выбросов.

Ключевые слова: адсорбенты, полимерные отходы, растительное сырьё, силикагель, рекуперация, бензол.

COMPOSITE ADSORBENTS BASED ON POLYMER WASTES FOR RECOVERY OF BENZENE VAPOR

Nistratov A.V., Stankevich O.V., Bashmakova O.V., Zaitseva A.D., Rodina D.A.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Moscow, Miusskaya square, 9

e-mail: alvinist@muctr.ru

In this paper, we considered new composite adsorbents designed to trap benzene from vapor-air mixtures. It is shown that the material from silica gel and polyurethane foam has the highest equilibrium capacity for benzene. The benzene adsorption isotherm on this adsorbent is described by the Langmuir model. Fast thermal regeneration at 120 °C ensures the cyclic use of this composite adsorbent in process of recovery of benzene from gas emissions.

К опасным загрязнениям атмосферы, предельно допустимые концентрации которых составляют десятые и сотые доли мг/м³, относятся органические растворители. Спектр применяемых в промышленности наименований их чрезвычайно широк. Необходимость очистки промышленных и вентиляционных отходящих газов от органических растворителей перед выбросом в атмосферу определяется двумя обстоятельствами: во-первых, обеспечением экологической безопасности производства; и, во-вторых, обычно высокой ценностью и дефицитом потерь, возврат которых в производство может значительно улучшить его технико-экономические показатели.

Адсорбционную очистку применяют при низких концентрациях загрязняющих веществ в газовом потоке, при условии, что даже в таком количестве эти соединения оказываются опасны для человека и окружающей среды. Несомненным достоинством адсорбционной очистки является возможность извлечения удерживаемых ценных органических

соединений и возвращение их в производственный процесс [1].

Таким образом, метод извлечения органических растворителей путем адсорбции является рекуперативным, наиболее приемлемым с экологической точки зрения. Однако высокая стоимость применяемых здесь активных углей (например, AP-A [2]) обуславливает поиск нетрадиционных, более дешёвых адсорбентов, в т.ч. на базе ряда полимерных отходов [3]. Используемые в настоящей работе материалы получены совместным пиролизом растительного сырья и полиэтилена (ПП), полиэтилентерефталата (ПЭТФ); силикагеля КСМ и пенополиуретана (ППУ) согласно [4, 5].

Результаты их испытаний при адсорбции паров бензола в статике и кинетике представлены в табл. 1. Статическую ёмкость оценивали по привесу образцов после 7-суточной выдержки в эксикаторе с атмосферой насыщенных паров, а кинетическую ёмкость – по дистанционно измеряемому привесу при контакте с паровоздушным потоком.

Таблица 1. Ёмкость по бензолу испытываемых адсорбентов

Адсорбент	Объём сорбирующих пор по C_6H_6 , cm^3/g	Ёмкость по C_6H_6 в эксикаторе, г/г	Ёмкость по C_6H_6 в потоке ($P/P_S=1$), г/г	Время насыщения, мин
Карб. древесина + ПП	0,175	0,154	0,017	20
Карб. торф + ПЭТФ	0,204	0,18	0,11	20
Карб. уголь + ПЭТФ	0,048	0,042	0,014	15
КСМ + карб. ПИР	0,291	0,256	0,26	35
Силикагель КСМ	0,833	0,733	0,202	20
АР-А	0,357	0,314	0,24	20

Сравнение полученных результатов подтверждает зависимость адсорбционной способности как от материала-носителя, так и от вида полимерного отхода при прочих равных условиях. Так, наиболее развитыми сорбирующими порами обладает мелкопористый силикагель. Однако при анализе поглощения паров C_6H_6 из потока наивысшую ёмкость обеспечил покрытый углеродом силикагель КСМ+ПИР, причём статический и кинетический показатели близки, что характеризует полноту использования его ёмкости. Этот же факт означает быструю диффузию поглощаемого вещества в порах адсорбента. Наоборот, все образцы на основе природного сырья в статике показали низкую способность поглощать пары бензола.

Представление о кинетике процесса адсорбции паров C_6H_6 из газовой фазы с различным относительным давлением материалом КСМ + ПИР дают зависимости рис. 1, согласно которым время насыщения образца не превышало 35 мин.

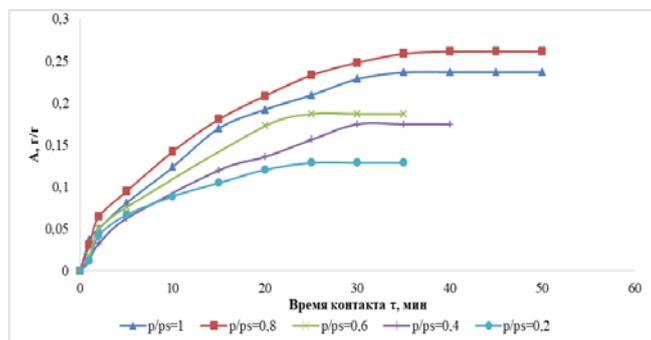


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбции бензола на адсорбенте КСМ+ПИР

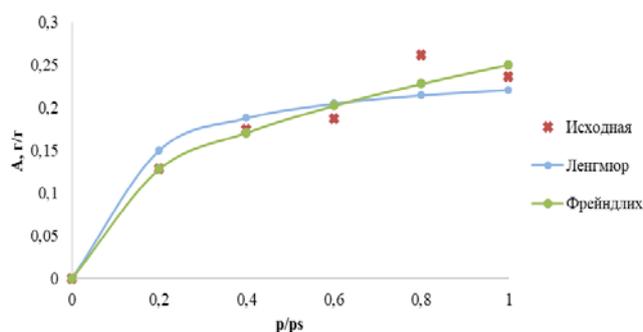


Рис. 2. Изотерма адсорбции бензола на адсорбенте КСМ+ПИР (22-24 °C)

Полученная при обработке кинетических кривых при различных давлениях изотерма (рис. 2) наиболее близко соответствует модели Ленгмюра с заполнением монослоя адсорбатом, которая выражается зависимостью

$$A_t = A_{max} \cdot \frac{K_1 \cdot \left(\frac{p}{p_s}\right)}{1 + K_1 \cdot \left(\frac{p}{p_s}\right)}$$

где $A_{max} = 0,25$ г/г; $K_1 = 7,5$.

Циклическое использование адсорбента (рис. 3) для рекуперации паров бензола возможно лишь при полной и быстрой его десорбции, проводимой путём нагревания насыщенных образцов до 120 °C непосредственно в трубке с естественной конвекцией воздуха.

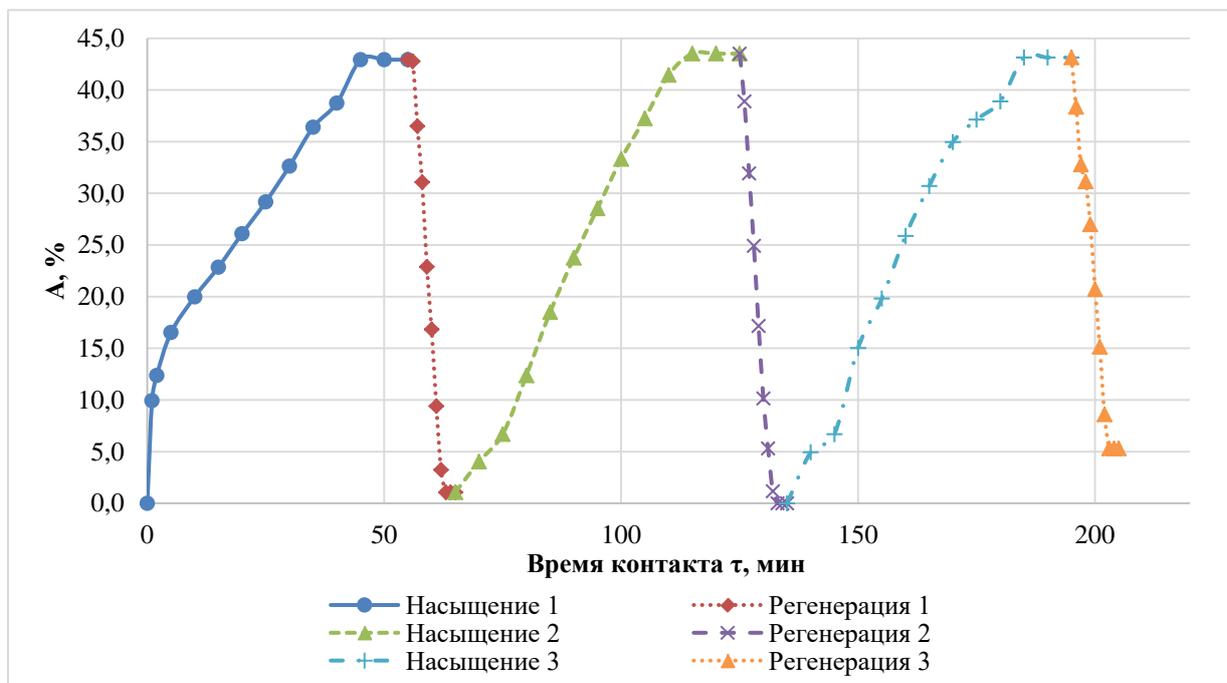


Рис. 3. Циклограмма адсорбции-десорбции бензола на адсорбенте КСМ+ПИР

Стоит отметить высокую (до 43 масс. %) ёмкость данного адсорбента, сохраняющуюся от цикла к циклу. Согласно экспериментальным данным термическая десорбция бензола протекает быстро (в течение 7 минут) и практически полностью (лишь в последнем цикле остаточная ёмкость КСМ+ПИР составила 5 %). Таким образом, среди испытанных новых адсорбентов образец на основе мелкопористого зауглероженного силикагеля проявил показатели адсорбции паров бензола, превосходящие промышленные поглотители.

Список литературы

1. Кожевникова И.В. Полиуретановые композиции, содержащие отходы осушителей на основе минеральных оксидов: дис. канд. техн. наук: 05.17.06: защищена 2015. – Казань, 2015. – 178 с..
2. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России. – М.: Металлургия, 2000. – 352 с.

3. Нистратов А.В., Несмелов С.А., Клушин В.Н. Исследование адсорбции бензола из паровоздушной смеси торфополимерным активным углём. Успехи в химии и химической технологии: Сборник научных трудов X Международного конгресса молодых учёных по химии и химической технологии. М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2014. Т. XXVIII. № 5. С. 57-59.

4. Нистратов А.В., Клушин В.Н. Получение и свойства углеродных адсорбентов на основе растительного сырья и полимерных отходов. Proceedings of XVI International Scientific Conference "Machines. Technologies. Materials 2019". Borovets, Bulgaria. 13-16.03.2019. V.1, P. 115-119.

5. Нистратов А.В., Клушин В.Н., Сухов С.Д. Характеристика композиционных наноматериалов на основе минеральных носителей и полиуретановых отходов. Сборник трудов Всероссийской молодёжной конференции с международным участием «Химическая технология функциональных наноматериалов». РХТУ им. Д.И. Менделеева, 26-27.11.2015. С. 153-154.

УДК:

Шуклина В.П., Шуклина А.П., Ермоленко Б.В.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Шуклина Валерия Петровна, студент 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, email: shuclina.valerya@yandex.ru

Шуклина Анастасия Петровна, студент 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия.

Экологические проблемы общепланетарного масштаба и наблюдаемая нехватка топливно-энергетических ресурсов активизируют во всем мире открытие новых источников энергии, связанных с всесторонним использованием возобновляемых энергоресурсов, в частности солнечной энергии, которая имеет спрос и должна занять главное положение в мировой энергетике. Оценена возможность развития солнечной энергетики в Российской Федерации. Предложена методика расчета солнечной фотоэлектрической станции и солнечных коллекторов.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечная фотоэлектрическая станция, солнечный коллектор, солнечная инсоляция, аккумуляторная батарея, контроллер заряда, инвертор, солнечная батарея

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF SOLAR ENERGY USE IN DISTRIBUTED POWER SUPPLY SYSTEMS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Shuklina V.P., Shuklina A.P., Ermolenko B.V

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Environmental problems of the global scale and the observed shortage of fuel and energy resources are stepping up the worldwide discovery of new sources of energy related to the comprehensive use of renewable energy resources, in particular solar energy, which is in demand and should occupy a major position in the global energy industry. The possibility of the development of solar energy in the Russian Federation is estimated. A method for calculating a solar photovoltaic station and solar collectors is proposed.

Keywords: solar power, solar photovoltaic station, solar collector, solar insolation, accumulator battery, charge controller, inverter, solar battery

В связи с ограниченностью ресурсов таких традиционных источников энергии, как нефть, уголь, газ наиболее остро встаёт вопрос обеспеченности потребителей светом, теплом, горячей водой и прочими благами цивилизации. Учитывая, что традиционная топливная энергетика является одним из наиболее значительных локальных и глобальных загрязнителей окружающей природной среды, новый энергетический источник, способный заместить органическое топливо и удовлетворить энергетические запросы будущего должен быть не только довольно мощным, но и экологически чистым.

Солнце по своим энергоресурсам вполне может обеспечить энергетические потребности будущего. Солнечная энергия считается предельно чистым источником энергии, поскольку её использование не приводит к загрязнению окружающей среды и нарушению теплового равновесия во всём мире [1].

Для того, чтобы оценить возможность использования солнечной энергетики, в частности

солнечных фотоэлектрических станций (СФС), следует выполнить анализ технических, социально-экономических и экологических характеристик энергетического оборудования этого вида.

Технические характеристики СФС

Положительные стороны. Потребление неисчерпаемого источника энергии; производство электрической энергии возможно без какого-либо дополнительного источника электроснабжения и применения топлива; процесс производства электрической энергии не нуждается в обслуживании; снижение сетевых потерь вследствие создания малых рассредоточенных подстанций; увеличение энергетической эффективности и толчок роста инновационных технологий: интеллектуальные сети, устройства аккумулялирования.

Отрицательные стороны. Огромная площадь расположения СФС по причине невысокой плотности солнечного излучения у поверхности

земли и небольшой эффективности СФС; неуправляемый процесс производства электрической энергии по причине беспорядочного прилива солнечных лучей к земной поверхности; надобность усовершенствования сетевой платформы в целях равновесия энергетической системы из-за неуправляемости солнечной энергетики.

Социально-экономические характеристики

Положительные стороны. Замена углеродного топлива в энергобалансе; понижение цены на электрическую энергию в отличие от цены на традиционные источники энергии; усиление энергонезависимости и безопасности, существенное понижение текущих затрат при выработке электрической энергии; возможность использования электрической энергии при неимении внешней электросети.

Отрицательные стороны. Дороговизна компонентов СФС, потребность в финансировании на начальной стадии разработки до достижения желаемой ступени энергетической эффективности.

Экологические характеристики

Положительные стороны. Уменьшение выбросов парниковых газов; повышение уровня качества водных и земельных объектов; уменьшение шумового и других загрязнений природной среды; эксплуатация земли, не пригодной для сельского хозяйства и других целей.

Отрицательные стороны. Применение токсичных и иных потенциально вредных веществ при изготовлении солнечных батарей; – обязательность

переработки солнечных батарей после завершения их срока службы; – изъятие земли и возможная их деградация при неверном применении.

На основе проведённого анализа, можно сделать вывод, что солнечная энергетика, учитывая положительные стороны технической и экологической характеристик, должна иметь спрос и занять главное положение в мировой энергетике, однако учитывая отрицательные стороны технических характеристик, она не будет единственным источником энергии.

Оценка солнечных энергоресурсов является одним из первых и, очевидно, одним из важнейших этапов разработки проектов энергетических установок любого типа. Действительно, только достоверная оценка доступного ресурса позволяет принять верное техническое или экономическое решение. Одним из наиболее удобных и доступных вариантов получения информации о величине валового ресурса (потенциала) солнечной энергии является информация о распределении ресурсов энергии солнца базы данных NASA SSE) [2], которая была использована при разработке «Атласа ресурсов возобновляемой энергии на территории России» [3]. На рис. 1 представлена, содержащаяся в Атласе информация о распределении по территории страны суммарной среднегодовой солнечной радиации в кВт·час в день на 1 м² оптимально ориентированной поверхности.

Результаты оценки энергетического и топливного потенциалов солнечной энергии с дифференциацией по федеральным округам Российской Федерации приведены в таблице 1.

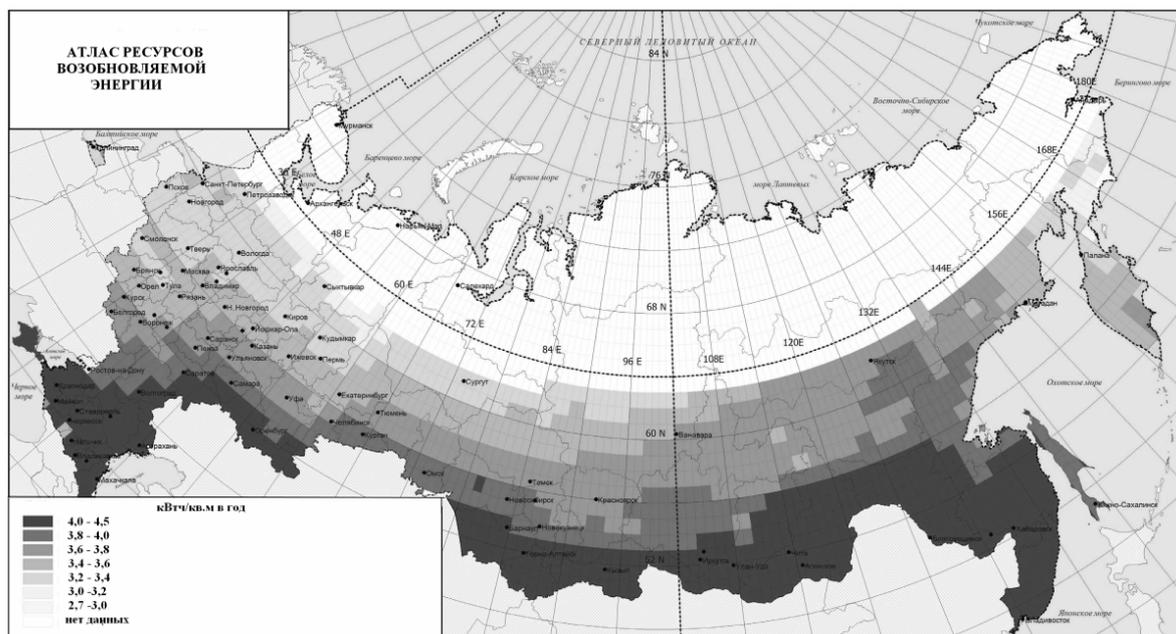


Рис. 1. Суммарная среднегодовая солнечная радиация в кВт·час/м² в день на оптимально ориентированную поверхность

Доступный технический потенциал солнечной энергии

Федеральный округ	Электроэнергетический потенциал, млн. кВт·ч/год	Топливный потенциал, млн. т/год
Центральный	5107246	1762
Северо-Западный	9060870	3126
Южный	2026087	699
Северо-Кавказский	2321739	801
Приволжский	6718841	2318
Уральский	17527536	6047
Сибирский	21744928	7502
Дальневосточный	16011594	5524

Анализ результатов оценки топливных и энергетических потенциалов солнечной энергии свидетельствует о возможности перехода от использования органического ископаемого топлива при производстве электрической и тепловой энергии к применению возобновляемых экологически чистых источников энергии на большей части территории страны.

Выбор оборудования солнечной фотоэлектрической станции [4]

Выбор аккумуляторной батареи. В течение дневного времени суток солнечная батарея заряжает аккумуляторную батарею и обеспечивает питанием потребителей. Принимаем за интервал дневного времени суток: летом $\Delta t_{\text{дв}} = 14$ ч (с 6:00 до 20:00), зимой $\Delta t_{\text{дв}} = 8$ ч (с 8:00 до 16:00). Тогда выходная мощность автономной солнечной электростанции (АСЭ) определяется как максимальная мощность нагрузки по формуле:

$$P_n = \max\{P_{n,j}\}, \forall j \in \overline{1, M}, \quad (1)$$

где M – число выделенных интервалов времени, входящих в интервал летнего дневного времени суток.

В ночное время суток накопленная в аккумуляторной батарее АСЭ энергия потребляется нагрузкой. Емкость показывает потенциал аккумуляторной батареи, то есть сколько времени она сможет питать нагрузку, если она будет полностью заряжена. По мере разряда напряжение и энергоёмкость аккумуляторной батареи падают.

Емкость аккумуляторной батареи АСЭ (А·ч) за время питания нагрузки $\Delta t_{\text{нв}}$ (с 16:00 до 8:00) рассчитывается по формуле:

$$C_n = \frac{100}{S_p \cdot U_n} \cdot (P_{n1} \cdot \Delta t_1 + P_{n2} \cdot \Delta t_2 + \dots + P_{nj} \cdot \Delta t_j), \quad (2)$$

где P_n – номинальная мощность нагрузки, Вт; U_n – номинальное напряжение нагрузки, В.

Глубокий разряд может вывести аккумулятор из строя. Поэтому производители аккумуляторов устанавливают конечное напряжение разряда, при достижении которого аккумулятор необходимо отключать от нагрузки и заряжать. Чтобы аккумулятор служил долго, его нельзя разряжать

более чем на 70-80%.

Аккумуляторная батарея АСЭ с емкостью C_n набирается из отдельных серийно производимых аккумуляторных батарей небольшой емкости путем последовательного и параллельного их соединения. Последовательное соединение отдельных аккумуляторных батарей используется для увеличения напряжения, а емкость ветви аккумуляторной батареи при этом соответствует емкости отдельной аккумуляторной батареи. Получившаяся при параллельном соединении аккумуляторная батарея имеет то же напряжение, что и одиночная аккумуляторная батарея, а емкость такой аккумуляторной батареи равна сумме емкостей входящих в нее одиночных аккумуляторных батарей.

Число последовательно включенных одиночных аккумуляторных батарей в ветви определяется по формуле:

$$n = \frac{U_n}{U_{аб}}, \quad (3)$$

где $U_{аб}$ – напряжение отдельной аккумуляторной батареи, В.

Число параллельных ветвей в аккумуляторной батарее АСЭ оценивается следующим образом:

$$m = \frac{C_n}{C_{аб}}, \quad (4)$$

где $C_{аб}$ – емкость отдельной аккумуляторной батареи, А·ч.

Тогда общее число отдельных аккумуляторных батарей в аккумуляторной батарее АСЭ получают как

$$N = n \cdot m \quad (5)$$

Выбор солнечных фотоэлектрических преобразователей. Для обеспечения попадания на солнечную батарею максимального количества солнечной энергии её монтируют в наклонном положении с оптимальным углом наклона к горизонту β , который определяется расчетным методом.

При южном ориентировании панели для круглогодичных систем:

$$\beta = \varphi, \quad (6)$$

для сезонных систем:

$$\beta = \varphi - 15^\circ, \quad (7)$$

где φ – широта данной местности.

Количество вырабатываемой электроэнергии солнечной батареей зависит от погодных условий. Для учета этого фактора необходимо определить количество солнечной энергии, на которое можно рассчитывать в данной местности. При этом важно учитывать два фактора: среднегодовую солнечную радиацию, а также ее среднемесячные значения при наихудших погодных условиях.

Взяв значение солнечной инсоляции за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пикочасов, то есть условное время, в течение которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м².

Модуль мощностью P_w (Вт) в течение выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$$W = \frac{k \cdot E \cdot P_w}{1000}, \quad (8)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период, кВт·ч/м² в день; k – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно. Он делает поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также учитывает наклонное падение лучей на поверхность модулей в течение дня. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период.

Выбор автономных инверторов напряжения. При выборе инвертора необходимо рассчитать суммарную нагрузку приборов, подключаемых к инвертору, и увеличить, как минимум, на 30% полученную мощность. Выбранный на эту мощность инвертор позволит запускать электроприборы с пусковыми мощностями, в 3-4 раза превышающими паспортный.

Выбор контроллера заряда. Количество контроллеров заряда определяется произведением количества солнечных батарей на отношение мощности солнечной батареи к максимальной входящей мощности солнечной батареи.

Выбор солнечных коллекторов

Расчет вырабатываемой энергии солнечным коллектором определяется по формуле:

$$W_k = S_s \cdot E \cdot \eta, \quad (9)$$

где S_s – эффективная площадь поглощения коллектора, м²; E – показатель солнечной инсоляции для оптимального угла, кВт·ч/м² в день; η – коэффициент полезного действия солнечного коллектора, %.

Площадь поглощения одной трубки – фактически площадь «тени», создаваемой трубкой при ее освещении солнцем. Это проекция трубки на плоскость, проходящую через ее диаметр. Площадь «тени» находится произведением диаметра трубки на длину трубки, участвующую в приеме солнца.

Рассчитав эффективную площадь поглощения одной трубки и, умножив ее на количество труб коллектора, получим общую эффективную площадь поглощения коллектора.

Рассмотренные методы выбора оборудования могут быть использованы при проектировании солнечных фотоэлектрических станций и при размещении солнечных коллекторов на крышах жилых домов для обеспечения электрической и тепловой энергией удаленных и малонаселенных регионов, где существуют проблемы энергоснабжения.

Список литературы

1. Шуткин О. И. Эколого-экономическая оценка конкурентоспособности проектов солнечной энергетики в российской федерации: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Гос. ун-т упр. – М., 2014. – С. 51-64.
2. NASA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 19.06.2019).
3. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России [Текст] / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : НИУ ВШЭ, 2015. — 160 с.
4. Охоткин Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций // Вестник Чувашского университета. – 2013. – № 3. – С. 222-230.

УДК

Савинкова М.Е., Ермоленко Б.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

Савинкова Мария Евгеньевна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: mahsavinkov@gmail.com;

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В работе рассмотрены перспективы строительства многоэтажных энергоэффективных зданий в Российской Федерации. Рассмотрен потенциал использования возобновляемых источников энергии в жилом строительстве. Было выявлено, что внедрение энергоэффективных технологий в жилое многоэтажное строительство является одним из приоритетных направлений энергетической стратегии Российской Федерации.

Ключевые слова: энергоэффективные здания, многоэтажное строительство, возобновляемые источники энергии

PROSPECTS OF CONSTRUCTION OF MULTISTORIED ENERGY EFFICIENT BUILDINGS WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN RUSSIA

Savinkova M.E., Ermolenko B.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

This paper discusses the prospects for the construction of multi-storey energy-efficient buildings in the Russian Federation. The potential use of renewable energy in residential construction is considered. It was revealed that the introduction of energy-efficient technologies in residential high-rise construction is one of the priorities of the energy strategy of the Russian Federation.

Keywords: energy efficient buildings, high-rise construction, renewable energy sources

Геополитическое положение страны определяется ее ролью на рынке мировой энергетики. Применение инновационных технологий, не оказывающих негативного воздействия на окружающую среду, снижение уровня потребления энергоносителей, а также рациональное использование энергетических ресурсов являются важными инструментами в сфере охраны окружающей среды.

Правительством Российской Федерации была утверждена «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», одной из задач которой является повышение уровня энергосбережения в сфере жилищного строительства. Особое внимание к проектированию жилых зданий обуславливается тем, что строительная промышленность и окружающая среда – это две основные сферы достижения устойчивого развития страны. В круг устойчивого или экологичного строительства входит множество задач: от экономических до экологических. На нужды теплового снабжения в жилищно-коммунальном хозяйстве тратится более 1/3 всех энергоресурсов, это значение много больше, чем в развитых странах Европы. Поэтому концепция энергоэффективного дома на данный момент стала неким строительным стандартом, который позволяет возводить жилые здания с минимальными затратами на энергоснабжение и оптимальными условиями микроклимата. Проектирование таких зданий в комплексе с применением возобновляемых

источников энергии может способствовать снижению потребления традиционных источников энергии, улучшению экологической ситуации в стране, снижению затрат на ЖКХ.

Преимущества технологий электро- и теплоснабжения, использующих нетрадиционные источники энергии, по сравнению с их традиционными аналогами связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но и с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями в области повышения степени автономности систем жизнеобеспечения. По всей видимости, в недалеком будущем именно эти качества будут иметь определяющее значение в формировании конкурентной ситуации на рынке генерирующего оборудования.

Наша страна располагает не только огромным запасом ресурсов традиционной энергетики (природный газ, уголь, нефть), но и значительным потенциалом применения ВИЭ (геотермальная энергия, солнечная и ветровая энергетика и т.д.) (Рис. 1). По благоприятным прогнозам доля производства нетрадиционной энергии в России может превысить общий объем ее потребления в 5 раз. Однако на сегодняшний день доля применения альтернативных источников энергии в Российской Федерации едва ли достигает 1% или 990 млрд. кВт·час (по некоторым данным значение не превышает 0,5). Из-за мощной сырьевой

базы в России использование ВИЭ считается нерентабельным по отношению к централизованной системе тепло- и энергоснабжения.



Рис. 1. Структура потенциала ВИЭ в России, млн. т.т.г

Тем не менее, с каждым днем тема использования возобновляемой энергетики становится все актуальнее на фоне нестабильной экономической ситуации в мире, которая вынуждает многих изменить свои взгляды на вопросы энергообеспечения, в первую очередь в сфере строительства.

Энергоэффективный дом – это, в первую очередь, здание не только с низким потреблением энергии, но и с комфортным микроклиматом. Экономия энергоресурсов в таких зданиях может составлять до 90%. В среднем, годовая потребность в тепловой энергии на систему отопления энергоэффективного дома не превышает 70 кВт·ч на м².

Высотное строительство на сегодняшний день располагается на первых позициях в строительной сфере. Наличие многоэтажных сооружений говорит о высоком развитии технологий, интеллектуальных способностях современных архитекторов. Однако не стоит забывать, что возведение и эксплуатация многоквартирных домов является источником целого ряда экологических проблем, которые частично могут быть решены с помощью активного строительства энергоэффективных жилых зданий. Практика других стран показывает, что при внедрении инновационных технологий производства в строительство, эксплуатации современного оборудования и использовании новейших материалов, потребление энергии в жилищной сфере может быть снижено минимум в 2 раза.

Основной задачей энергоэффективного жилья является обеспечение наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности

человека с помощью строительных и градостроительских средств. Важно заметить, что аспект энергосбережения при обеспечении теплоснабжения зданий является серьезной проблемой в рамках реализации реформы ЖКХ в России. Если обратиться к данным Федеральной службы государственной статистики, обеспечение ЖКХ обходится более чем в 120 млрд руб. в год, эта сумма составляет порядка 30-50% от итогового муниципального бюджета. Причем с каждым годом эти цифры только растут.

Основываясь на опыте зарубежного и отечественного строительства и проектирования энергоэффективных зданий, были определены главные методы экономии энергии в жилых домах: архитектурные, инженерные, использование возобновляемых источников энергии.

Современное электро- и теплоснабжение основано на использовании традиционных энергетических ресурсов. Но добыча полезных ископаемых крайне негативно влияет на окружающую среду. Тем не менее, ситуацию еще можно изменить – требуется уменьшить расход потребления энергии. Если это не произойдет, то в перспективе цены на энергоносители будут постоянно расти, что неизбежно повлечет за собой резкий скачок цен на газ, электро- и теплоэнергию, коммунальные тарифы. Таким образом, если следовать рекомендациям, предписанным в ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», жилищно-коммунальное хозяйство сможет вдвое увеличить свою прибыль (45-50%), что положительно отразится не только на бюджете нашей страны, но и на состоянии экологии в целом.

При строительстве и проектировании жилых зданий стоит акцентировать внимание не только на улучшение теплоизоляционных свойств сооружений, используя эффективные энергосберегающие материалы, но и на внедрении новейших систем инженерного обеспечения дома. Поэтому на данный момент стоит рассматривать вариант применения в системе энергетического обеспечения здания возобновляемых источников энергии. Наиболее перспективными источниками в области жилищного строительства принято считать солнечную и ветровую энергию и низкопотенциальное тепло. Результаты оценки топливного и энергетических потенциалов солнечной, ветровой энергии и низкопотенциального тепла с дифференциацией по субъектам Российской Федерации приведены в таблице 1.

Таблица 3

Технический потенциал возобновляемых источников энергии

Федеральный округ	Доступный технический потенциал ВИЭ					
	Солнечная энергия		Ветровая энергия		Низкопотенциальное тепло	
	Электроэнергетический, млн. кВт·ч/год	Топливный, млн. т/год	Электроэнергетический, млн. кВт·ч/год	Топливный, млн. т/год	Теплоэнергетический, млн. Гкал/год	Топливный, млн. т/год
Центральный	5107246	1762	1486957	513	18654	2772
Северо-Западный	9060870	3126	1478261	510	101952	15150
Южный	2026087	699	1942029	670	8035	1194
Северо-Кавказский	2321739	801	846377	292	4690	697
Приволжский	6718841	2318	2657971	917	17591	2614
Уральский	17527536	6047	2092754	722	6225	925
Сибирский	21744928	7502	3771014	1301	11999	1783
Дальневосточный	16011594	5524	2121739	732	5498	817
Россия	80530435	27783	16397101	5657	174670	25956

Одним из актуальных направлений применения ВИЭ являются теплонасосные установки. ТНУ, за счет использования источников низкопотенциальной энергии, можно считать экологически чистой системой получения тепла для систем отопления и ГВС. Тепловые насосы используются для выработки теплоты в системах централизованного и индивидуального отопления и горячего водоснабжения. Они более экономичны и безопасны, чем котлы на газовом или твердом топливе и поэтому являются хорошей альтернативой для систем индивидуального теплоснабжения многоквартирных жилых домов. Источниками низкопотенциальной энергии являются тепло грунта, грунтовых и подземных вод, окружающего воздуха. В зависимости от вида и мощности теплового насоса для производства 1 кВт·ч тепловой энергии ТНУ необходимо затратить всего лишь 0,2-0,35 кВт·ч электрической. Несомненным достоинством ТНУ является возможность его работы в противоположном режиме (кондиционирование помещения).

В концепцию энергоэффективного дома входит не только тепловое снабжение от возобновляемых источников энергии, но и электрическое. Самый популярный на сегодняшний день альтернативный способ электрического снабжения здания – использование солнечных батарей. Основной характеристикой производительности солнечных элементов является коэффициент преобразования света. Для солнечных панелей данное значение составляет порядка 22%. Мощность батарей может достигать десятков киловатт, что позволяет проектировать на их основе достаточно мощные электростанции. В последнее время набирает обороты система замены части (или полностью) ограждающих конструкций здания специально созданными для данного проекта фотоэлектрическими модулями, BIPV система (Building Integrated Photovoltaics). В частности, солнечные батареи активно используются современными архитекторами в качестве фасадных материалов. Такие решения позволяют создавать

эстетически привлекательные, экономичные и экологичные фасады зданий.

Чтобы применение панелей было рентабельным, обязательно нужно учитывать уровень солнечной инсоляции в месте проектирования здания, т.к. поступление радиации солнца зимой и летом различны. Поэтому целесообразно разрабатывать схему электроснабжения здания с применением нескольких источников энергии. Как вариант, можно сделать комбинированную систему электроснабжения с использованием солнечных батарей и ветрогенераторных установок.

Тема возведения жилых энергоэффективных многоэтажных зданий, использующих ВИЭ ценна не только с точки зрения экологии, но и с точки зрения становления принципиально нового витка архитектуры в строительстве. Энергоэффективность и энергосбережение на сегодняшний день актуальны как никогда, поэтому в строительные проекты стоит закладывать не только мероприятия, позволяющие снизить потребление ресурсов, но и возможность установки и применения местных возобновляемых энергоустановок, которые обеспечили бы автономность здания от централизованных систем тепло- и энергоснабжения.

Список литературы

1. Единая информационная система жилищного строительства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://наш.дом.рф>
2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – № 48
3. Меркулов С.И. Проектирование жилых зданий с использованием возобновляемых источников энергии / С.И. Меркулов, С.В. Поветкин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – №2. – С.75–80

УДК 001.57:577.15:579.22

Романова М.В., Белодед А.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ ШТАММАМИ ТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ

Романова Мария Васильевна, студентка 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии, email: romanovamariav@gmail.com;

Белодед Андрей Васильевич, к.б.н., доцент кафедры биотехнологии; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Изучено влияние двух факторов - концентрации глюкозы и пептона – на протеолитическую активность штаммов термофильных бактерий при помощи ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента. В ходе статистической обработки результатов эксперимента были получены уравнения регрессии второго порядка и рассчитаны оптимальные значения концентраций указанных компонентов.

Ключевые слова: термофильные бактерии; протеолитические ферменты; оптимизация питательных сред; ортогональный центральный композиционный план

OPTIMIZATION OF NUTRIENT MEDIUM COMPOSITION FOR SYNTHESIS OF PROTEOLYTIC ENZYMES BY THERMOPHILIC BACTERIA STRAINS

Romanova M.V., Beloded A.V.

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

The influence of two factors (concentration of glucose and peptone) on proteolytic activity of thermophilic bacteria strains by central composite design of experiment was studied. During statistical processing of experiment the second order regression equations were obtained and the optimal concentrations of these components were calculated.

Key words: thermophilic bacteria; proteolytic enzymes; optimization of culture media; central composite design

Протеазы являются одними из важнейших промышленных ферментов и находят широкое применение в фармацевтике, пищевой промышленности и производстве моющих средств. Микробные ферменты, в том числе и протеазы, представляют большой интерес из-за невысокой себестоимости, доступности и стабильности [1]. Кроме того, современные методы генетической инженерии позволяют достичь большой продуктивности и получить ферменты с заданными свойствами [2]. Термостабильные ферменты являются перспективными для использования в различных процессах и по сравнению с ферментами мезофильных организмов обладают некоторыми преимуществами, например, лучшей кинетикой за счет повышения температуры процесса, повышения растворимости субстрата, а сам процесс характеризуется снижением риска контаминации [3]. Ферменты, выделенные из термофильных микроорганизмов, обладают значительной устойчивостью к высоким температурам, а также действию растворителей, окислителей и поверхностно-активных веществ [4]. Микробные протеазы различны по своей структуре и функциям, среди них выделяют отдельные классы: сериновые

протеазы, цистеиновые протеазы, аспартатные протеазы, металлопротеазы и другие [1]. Сериновые протеазы являются самыми распространенными среди протеаз микроорганизмов. Термостабильные щелочные протеазы используются в таких областях, как кожевенная и текстильная промышленность, биоремедиация, синтез пептидов, производство стиральных порошков [3].

Целью данной работы являлась оптимизация состава среды для синтеза внеклеточных протеаз с использованием методологии ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента.

В качестве продуцента протеаз использовали штаммы Кб.1.Гл.8 и Кб.15.Г.38, показавшие высокую протеолитическую активность в предыдущих экспериментах и предварительно отнесенные к роду *Bacillus*. Культивирование проводили при 50°C в течение 26 часов на питательной среде с постоянной основой следующего состава (г/л): K_2HPO_4 – 10, дрожжевой экстракт – 5, NaCl – 4, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2, $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ – 0,05. Концентрации глюкозы и пептона варьировались в соответствии с табл. 1

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования, используемые в ОЦКП.

Фактор	Переменная	Уровни варьирования факторов				
		- α (-1,21)	-1	0	+1	+ α (+1,21)
Глюкоза, г/л	X_1	0,76	10	54	98	107,24
Пептон, г/л	X_2	0,48	3	15	27	29,52

Для определения протеолитической активности биомассу отделяли от культуральной жидкости путем центрифугирования при 8500 об/мин в течение 10 минут, полученный супернатант использовали в качестве источника ферментов. Супернатант инкубировали с 1% раствором казеина в калий-фосфатном буфере (1/15 М, рН 7,6) при 50°C в течение 30 минут. Реакцию останавливали добавлением 10% раствора трихлоруксусной кислоты. Пробы выдерживали 15 минут и центрифугировали при 8500 об/мин в течение 10 минут, затем измеряли поглощение надосадочной жидкости, разведенной в 3 раза дистиллированной водой, при длине волны 280 нм. В качестве контроля использовали пробы, содержащие раствор казеина, обработанный исходной питательной средой вместо культуральной жидкости, которые готовились параллельно с опытными пробами. По измеренной оптической плотности судили о содержании ароматических аминокислот, которые образовались в ходе гидролиза казеина.

Планирование эксперимента и обработку полученных данных осуществляли по плану второго порядка в соответствии с методологией, представленной в [5]. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили с использованием пакета программ MATLAB. Для определения значимости коэффициентов уравнения

регрессии параллельно проводили n опытов в центре плана и рассчитывали дисперсию воспроизводимости по формуле (1):

$$S_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2}{n-1}, \quad (1)$$

Значимость каждого коэффициента \tilde{a}_j определяли с помощью общего неравенства и сравнивали с табличным значением $t_{\beta}^{табл}$ по формуле (2):

$$t_j^{расч} = \frac{|\tilde{a}_j|}{\sqrt{C_{jj} * S_e^2}} > t_{\beta}^{табл}, \quad (2)$$

где C_{jj} – диагональные элементы корреляционной матрицы C .

Остаточная дисперсия, характеризующая точность уравнения, при общем числе опытов N и числе значимых коэффициентов p определяли по формуле (3):

$$S_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^{расч} - y_i^{эксп})^2}{N-p}, \quad (3)$$

Адекватность полученного уравнения регрессии проверяли с использованием критерия Фишера, сравнивая с табличным значением $F_{\beta}^{табл}$, по формуле (4):

$$F_{расч} = \frac{S_R^2}{S_e^2} \leq F_{\beta}^{табл}, \quad (4)$$

Результаты ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2. Матрица планирования ОЦКП и результаты определения протеолитической активности КЖ для двух штаммов Кб.1.Гл.8 и Кб.15.Г.38, выраженной через ОП продуктов гидролиза при длине волны 280 нм.

№	X_1	X_2	$X_1 * X_2$	$X_1^2 - S$	$X_2^2 - S$	$Y^{эксп}$	$Y^{расч}$	$Y^{эксп}$	$Y^{расч}$
						Для Кб.1.Гл.8	Для Кб.15.Г.38	Для Кб.1.Гл.8	Для Кб.15.Г.38
1	-1	-1	1	0,423	0,423	0,172	0,148	0,121	0,101
2	1	-1	-1	0,423	0,423	0,050	0,025	0,078	0,088
3	-1	1	-1	0,423	0,423	0,103	0,082	0,177	0,155
4	1	1	1	0,423	0,423	0,059	0,036	0,084	0,092
5	-1,210	0	0	0,887	-0,577	0,167	0,198	0,105	0,138
6	1,210	0	0	0,887	-0,577	0,063	0,096	0,107	0,091
7	0	-1,210	0	-0,577	0,887	0,136	0,169	0,124	0,131
8	0	1,210	0	-0,577	0,887	0,106	0,136	0,156	0,166
9	0	0	0	-0,577	-0,577	0,383	0,359	0,202	0,192
10	0	0	0	-0,577	-0,577	0,356	0,359	0,193	0,192
11	0	0	0	-0,577	-0,577	0,363	0,359	0,196	0,192
12	0	0	0	-0,577	-0,577	0,369	0,359	0,185	0,192

В ходе обработки результатов эксперимента были получены уравнения регрессии второго порядка, функцией отклика Y в которых является оптическая плотность раствора (ОП), содержащего

аминокислоты, которые образовались в ходе гидролиза казеина протеолитическими ферментами, для Кб.1.Гл.8 (5) и Кб.15.Г.38 (6) соответственно:

$$Y_1 = 0,01892 + 0,00659 * X_1 + 0,02626 * X_2 + 0,00004 * X_1 * X_2 - 0,00008 * X_1^2 - 0,00098 * X_2^2, \quad (5)$$

$$Y_2 = 0,05173 + 0,00287 * X_1 + 0,00870 * X_2 - 0,00002 * X_1 * X_2 - 0,00003 * X_1^2 - 0,00021 * X_2^2, \quad (6)$$

С использованием необходимого условия существования экстремума функции многих переменных, были рассчитаны координаты экстремальных точек функции отклика, которые соответствуют оптимальным условиям проведения эксперимента. Для штамма Кб.1.Гл.8 оптимальные

концентрации глюкозы и пептона составили 47,44 и 14,28 г/л, а для штамма Кб.15.Г.38 – 44,50 и 18,47 г/л соответственно. На рис. 1 показаны поверхности отклика протеолитической активности исследуемых штаммов, звездочкой отмечены максимальные значения функции отклика.

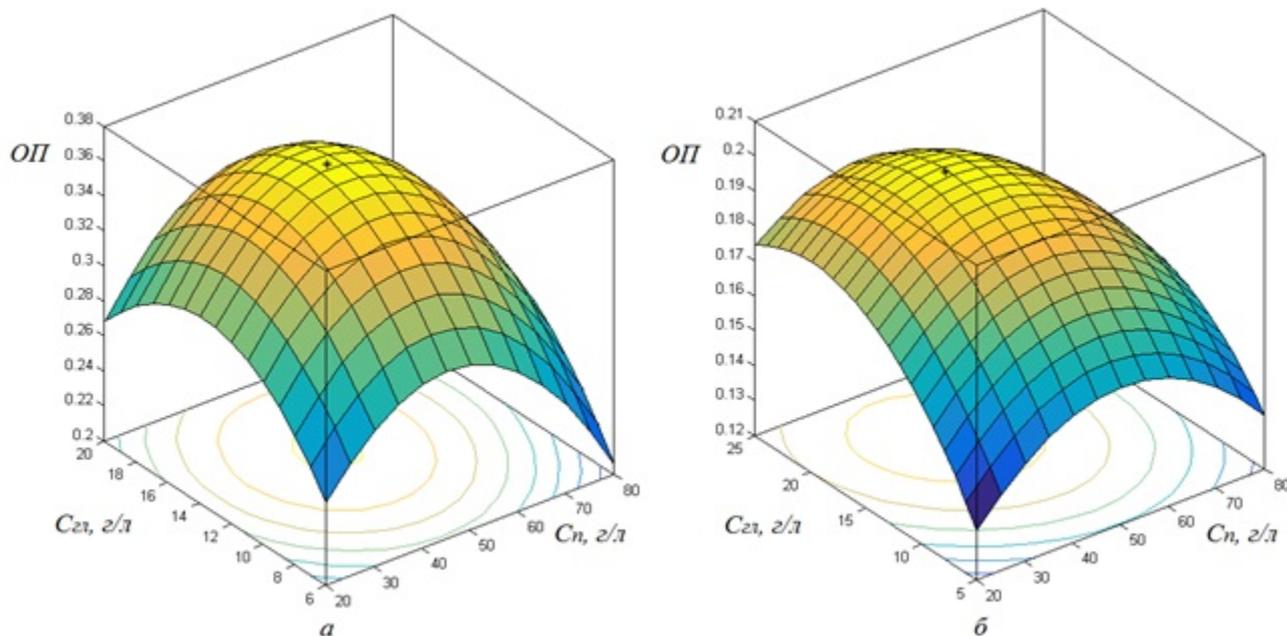


Рисунок 1. Поверхности отклика протеолитической активности для штаммов Кб.1.Гл.8 (а) и Кб.15.Г.38 (б). ОП – оптическая плотность, $C_{г}$ – концентрация глюкозы, г/л, $C_{п}$ – концентрация пептона, г/л.

В результате проведенных исследований было изучено влияние концентраций глюкозы и пептона в питательной среде на протеолитическую активность штаммов термофильных бактерий. При помощи методологии ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента были получены уравнения, описывающие данную зависимость. Уравнения регрессии являются адекватными и включают в себя значимые коэффициенты. Рассчитаны оптимальные значения концентраций указанных компонентов, которые можно использовать для дальнейшего изучения синтеза протеолитических ферментов штаммами Кб.1.Гл.8 и Кб.15.Г.38.

Список литературы

1. Banerjee G., Ray A. Impact of microbial proteases on biotechnological industries // *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*. 2017. Vol. 33. № 2. P. 119-143.

2. Rigoldi F, Donini S., Redaelli A. et al. Review: Engineering of thermostable enzymes for industrial applications // *APL Bioengineering*. 2018. Vol. 1. № 1. P. 1-17.
3. Kamran A., Ur Rehman H., Ul Qader S. et al. Purification and characterization of thiol dependent, oxidation-stable serine alkaline protease from thermophilic *Bacillus* sp. // *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2015. Vol. 13. № 1. P. 59-64.
4. Barzkar N., Homaei R., Hemmati R. et al. Thermostable marine microbial proteases for industrial applications: scopes and risks // *Extremophiles*. 2018. Vol. 22. № 3. P. 335-346.
5. Гартман Т. Н., Клушин Д. В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 416 с.

УДК 577.113.083

Боровкова Е.К. Красноштанова А.А.

ВЫДЕЛЕНИЕ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ БИОМАССЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Боровкова Елизавета Константиновна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Красноштанова Алла Альбертовна, доктор химических, доцент, профессор кафедры биотехнологии, e-mail: aak28@yandex.ru ;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*В данной работе методами экстракции и осаждения была выделена рибонуклеиновая кислота из биомассы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Очистка дрожжевой РНК от примесей производилась методом ультрафильтрации. Подобраны оптимальные условия экстракции РНК из клеток дрожжей. Определены количественные характеристики стадии ультрафильтрации.*

Ключевые слова: нуклеиновые кислоты, экстракция, ультрафильтрация, осаждение, количественные методы.

ISOLATION ACIDS FROM BAKER'S YEAST BIOMASS

Borovkova E.K., Krasnoshtanova A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*In this paper ribonucleic acid was isolated from the biomass of *Saccharomyces cerevisiae* by extraction and precipitation. Separation of the yeast's RNA from impurities was made by an ultrafiltration method. Selected optimal conditions for the extraction of RNA from yeast cells. The quantitative characteristics of the ultrafiltration stage are determined.*

Keywords: nucleic acid, extraction, ultrafiltration, precipitation, quantitative methods.

Введение

Нуклеиновые кислоты применяются прежде всего в медицине – как сырье для получения нуклеозидов, нуклеотидов и пр. Так, нуклеинат натрия (натриевая соль низкомолекулярной дрожжевой РНК, содержащая 1,5–1,6% белка и 2% ДНК) достаточно давно применяется в медицине для лечения широким спектром заболеваний. Лечебный эффект производных ДНК заключается в нормализации процессов метаболизма в тканях, находящихся в экстремальных условиях. Это очень важно для лечения онкологических заболеваний.

Выбор метода выделения РНК зависит, прежде всего, от поставленных задач [1], а также от ряда требований [2], основными из которых являются следующие: высокий выход выделяемой РНК; достаточная степень очистки конечного продукта, экономичность и простота метода.

Распространенным методом выделения нуклеиновых кислот является разрушение клеток микроорганизмов и животных тканей. В промышленности используют способ выделения ДНК из клеток микроорганизмов является метод, включающий обработку клеток буферным раствором, содержащим производные гуанидина в концентрации 4–8 М, нагревание реакционной смеси при температуре 100 °С в течение 3–7 мин с последующим выделением из реакционной смеси

геномной ДНК, прочно ассоциированной с клеточными оболочками микроорганизмов [3]. В лабораторных условиях дезинтеграция клеток осуществляется с использованием жидкого азота или механическим перетиранием с оксидом кремния (или оксидом алюминия). Этот этап можно проводить непосредственно в лизис буфере, содержащим нуклеазы и протеазы [4].

В данной работе использовались классические методы жидкофазного выделения НК, такие как экстракция и осаждение. При экстракции лизис клеток, с одной стороны, проходит в жестких условиях, чтобы разрушить исходный материал. С другой стороны, в довольно мягких, для того чтобы не повредить целевую нуклеиновую кислоту.

После экстракции для получения чистой нуклеиновой кислоты необходимо очистить раствор от примесей. Одним из таких методов является ультрафильтрация – разделение (очистка) с помощью мембраны [5].

Осаждение (или его еще называют метод концентрирования НК) происходит за счет водоотнимающего действия этанола или изопропанола, тем самым снижая растворимость нуклеиновых кислот, а точнее их солей [6].

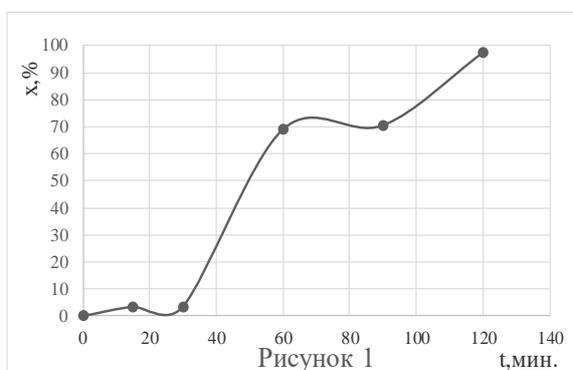
Методы

В качестве объекта исследования в работе использовали хлебопекарные сухие активные

дрожжи производства «САФ-ЛЕВИОР» с содержанием основного вещества 95%. Концентрацию нуклеиновых кислот определяли методом Спирина [7]. Ультрафильтрацию проводили на мембране УАМ-10, задерживающей вещества с молекулярной массой 10 кДа.

Экспериментальная часть

Согласно литературным данным для выделения РНК используется метод экстракции в щелочной среде (рН 9). При проведении эксперимента смешивали 100 г дрожжей и 900 мл подщелочной воды, выдерживали при температуре 90°C в течение 2 часов. В процессе экстракции через определенные промежутки времени отбирали пробы суспензии, отработанную биомассу отделяли центрифугированием в течение 15 мин при 6000 об/мин. В супернатантах определяли содержание нуклеиновых кислот методом Спирина. По полученным данным была построена зависимость степени экстракции нуклеиновых кислот от времени, приведенная на рис. 1.



Оптимальное время экстракции составило 2 часа.

Далее при выбранном оптимальном времени экстракции была наработана партия РНК-содержащего экстракта, содержащего 6,28 г/л РНК. Данная концентрация недостаточна для последующего осаждения нуклеиновых компонентов в изоэлектрической точке.

Поэтому на следующем этапе работы с целью повышения выхода РНК при последующем проведении стадии осаждения, а также для очистки от низкомолекулярных примесей провели ультраконцентрирование экстракта РНК. Поскольку дрожжевая РНК имеет молекулярную массу не более 12 кДа для ее концентрирования использовали мембрану УАМ-10 с отсечкой по молекулярным массам 10 кДа. Экстракт был сконцентрирован в 4 раза. Концентрация РНК в пермеате составило 8,26 г/л, а дифференциальная селективность - 43%

Из полученного концентрата (концентрация РНК – 8,26 г/л) провели осаждение нуклеиновых

компонентов в изоэлектрической точке при рН 2 и температуре 4°C. Осадок нуклеиновых компонентов отделили центрифугированием при 6000 об/мин в течение 10 мин. В супернатанте определили концентрацию нуклеиновых кислот методом Спирина, она составила – 5,5 г/л.

Таким образом, степень осаждения нуклеиновых компонентов составила - 46%. Осадок нуклеиновых кислот был высушен на воздухе, после чего был проанализирован на содержание нуклеиновых кислот, которое составило 45%. Достаточно низкое содержание нуклеиновых кислот позволяет предположить, что полученный препарат нуклеиновых кислот представляет собой белково-нуклеиновый комплекс и нуждается в очистке от белковых примесей. Разработка стадий очистки препарата от белковых примесей будет предметом дальнейших исследований.

Выводы:

- 1) Оптимальное время экстракции составило 2 часа;
- 2) Низкое содержание нуклеиновых кислот связано с недостаточной очисткой препарата от примесей белка.

Список литературы

1. Basic DNA and RNA Protocols, Methods in Molecular Biology. V. 58 / Harwood A.J. (editor). New Jersey: Humana Press, Totowa, 1994. P. 3–7.
2. Klintschar M., Neuhuber F. Evaluation of an Alkaline Lysis Method for the Extraction of DNA from Whole Blood and Forensic Stains for STR Analysis // J. Forensic Sci. 2000. V. 45. P. 669–673.
3. Данилевич В.Н., Гришин Е.В. Способ выделения геномной ДНК из клеток микроорганизмов. // Патент РФ. 2185440. опубл. 20.07.2002. Бюл. № 20.
4. Лактионов П.П., Тамкович С.Н., Симонов П.А., Рыкова Е.Ю., Власов В.В. Способ выделения ДНК микроорганизмов. // Патент РФ 2232768. опубл. 20.07.2004. Бюл. № 20.
5. М.Мулдер Введение в мембранную технологию - М.: Мир, 1999.
6. Великов В.А. Молекулярная биология. Практическое руководство: Учеб. пособие-Саратов:Издательство «Саратовский источник», 2013. С. 14–15.
7. Методическое руководство для практикума по биохимии: Учебнометодическое руководство / Н.С. Сиянова, Т.А. Невзорова, С.Н. Неуструева. – Казань: КГУ, 2008. С. 15.

УДК 632.981.11 + 632.937.1.01/.07

Минич М.В., Бехбудзаде Н.Б., Шагаев А.А., Марквичёв Н.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ СУСПЕНЗИЕЙ *LACTOBACILLUS PLANTARUM*

Минич Мария Владимировна, студентка 4 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: mminich8@gmail.com;

Бехбудзаде Нурлан Башир оглы, аспирант 2 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии

Шагаев Антон Александрович, аспирант 1 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии

Марквичёв Николай Семёнович, к.т.н., доцент кафедры биотехнологии;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*В данной работе представлены результаты влияния обработки семян пшеницы разбавленной суспензией *Lactobacillus plantarum*. Эксперимент показал, что предобработка семян не влияет на такие показатели, как энергия прорастания, всхожесть, средние значения длины корневой системы и стебля, что говорит об отсутствии фитотоксичного эффекта у данного вида микроорганизмов. Также результаты продемонстрировали значительное снижение общей заражённости обработанных семян по сравнению с контрольными.*

Ключевые слова: *Lactobacillus plantarum*, предобработка семян, заражённость

EFFECTS OF TREATING WHEAT SEEDS WITH *LACTOBACILLUS PLANTARUM* SUSPENSION.

Minich M.V., Bekhbudzade N.B Shagaev A.A., Markvichev N.S.

*This paper presents the results of treating wheat seeds with a diluted suspension of *Lactobacillus plantarum*. The experiment showed that seed pretreatment does not affect such indicators as germination energy, germination, average values of the length of the root system and the stem, which indicates the absence of a phytotoxic effect in this type of microorganism. The results also indicate a decrease in the overall incidence of treated seeds compared with the control.*

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Keywords: *Lactobacillus plantarum*, seed pretreatment, infection

Молочнокислые микроорганизмы уже давно используются человеком в его жизни: так их уже очень давно используют для сохранения различных продуктов питания, таких как сыр, хлеб, сыр, силос для животных [1]. Дикие виды *Lactobacillus* легко культивировать, не используя специальное оборудование, а их способность сохранять и улучшать вкус и качество позволили широко применять лактобацилл фермерам и широкой общественности[2]. Уже в 1930-х годах, когда началось активное использование химических удобрений и пестицидов, появились сторонники активного применения молочнокислых бактерий для борьбы с вредителями, стимулирования роста растений и обработки почвы[3]. Основной особенностью молочнокислых микроорганизмов является их способность продуцировать органические кислоты, такие как молочная и уксусная кислоты, а также муравьиная, пропионовая, масляная и индол-3-молочная кислоты[4]. Кислоты снижают pH, тем самым мешая развитию патогенной микрофлоры. Также широко известна их способность лактобактерий вырабатывать различные антибактериальные вещества пептидной природы, например, антибиотики. Помимо прямого антагонизма к фитопатогенам, обработка лактобактериями может изменить реакцию растения на патогены, тем самым улучшая их врожденное сопротивление патогенам. Такой эффект называется системным приобретенным сопротивлением (САР) [5]. Также различные молочнокислые микроорганизмы широко распространены в ризосфере растений. Богатая

углеводами среда способствует росту лактобактерий, однако они не являются доминирующей группой в большинстве почв из-за того, что выделяемые ими органические кислоты быстро разлагаются [6]. Однако при своих достоинствах широкого применения в сельском хозяйстве молочнокислые микроорганизмы не получили.

Известно, что на прорастание семян влияют различные биотические и абиотические факторы. Для борьбы с ними, а также для защиты используют различные виды предобработки семян. Также широко известна проблема общей заражённости семян пшеницы перед посадкой. Так как молочнокислые микроорганизмы и в частности *Lactobacillus plantarum* разнообразные антисептические соединения по отношению к различным микроорганизмам, их можно было бы использовать в качестве агента биологического контроля для решения этой проблемы. Именно это мы и решили исследовать.

Для оценки влияния молочнокислых микроорганизмов на семена пшеницы, а также обсеменённость семян, мы исследовали воздействие разбавленной суспензии *Lactobacillus plantarum* на всхожесть, энергию прорастания и общую заражённость семян пшеницы, а также на средние значения длины корневой системы и стебля. Методика подготовки разбавленной суспензии заключалась в следующем: микроорганизмы выращивали глубинным способом на питательной среде MRS в стерильных условиях микроаэрофильно при 35°C в течение суток. Рабочие растворы приготавливали путём разбавления

суспензии физиологическим раствором таким образом, чтобы добиться концентрации клеток 10^6 КОЕ/мл. Нестерильные семена пшеницы обрабатывали путём замачивания в рабочих растворах в течение минут [7]. Далее обработанные семена выращивали согласно ГОСТ 12038-84 [8] на рулонах. Определяли энергию прорастания и всхожесть семян на 3 и 7 сутки соответственно. А также определяли размер корневой системы и стебля каждого семечка и вычисляли среднее. Кроме того, определяли общую заражённость семян визуально. В качестве контроля использовали необработанные семена. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1 и в таблице 1.



Рисунок 1. Вид рулонов в развёрнутом и свёрнутом виде

Таблица 1. Значения энергии прорастания, всхожести и общий процент заражённости на седьмые сутки семян пшеницы, обработанных разбавленной суспензией и контрольных

	Энергия прорастания	Всхожесть	Заражённость
Контроль	100%	100%	38%
Семена, обработанные разбавленной суспензией <i>Lactobacillus plantarum</i>	100%	98%	19%

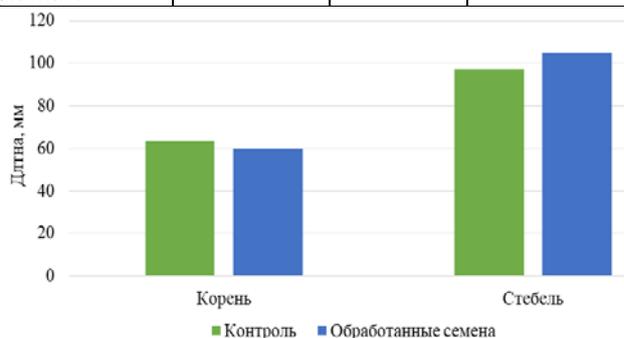


Рисунок 1. Длина корневой системы и стебля для контрольных семян и обработанных разбавленной суспензией

Эксперимент показал, что обработка разбавленной суспензией *Lactobacillus plantarum* не влияет энергию прорастания семян. Значения не отличались от контрольных и составляли 100% (см таблица 1). Значения всхожести у обработанных семян были сопоставимы с контрольными: 98% и 100% соответственно. Общая заражённость у обработанных семян составляла 19%, у контрольных 38%. По рисунку 1 видно, что обработка разбавленной суспензией не оказала значительного влияния на среднюю длину корневой системы и стебля.

Обработка разбавленной суспензией по четырём показателям (энергия прорастания, всхожесть, средние значения длины корневой системы и стебля) не отличались от контроля. На основании этого можно предположить, что вид *Lactobacillus plantarum* не является фитотоксичным для семян пшеницы. Заражённость семян упала на 50% по сравнению с контролем, из чего можно сделать вывод, что подобная обработка подавляет рост различных микроорганизмов. Вид *Lactobacillus plantarum* показал свою возможность применения в качестве объекта биологического контроля для предобработки семян. Однако стоит помнить, что молочнокислые микроорганизмы не способны долго выживать в подобных условиях из-за того, что их действующие на других микроорганизмы вещества быстро разлагаются. Подобная обработка семян позволяет снизить заражённость семян без вреда для их роста для дальнейшего использования других микроорганизмов, способствующих росту растения и защищающих их от болезней.

Список литературы

1. Vuyst L. De Lactic Acid Bacteria and Bacteriocins: Their Practical Importance Boston, MA: Springer US, 1994. – 1–11с.
2. Katz S.E. Wild fermentation: the flavor, nutrition, and craft of live-culture foods / S. E. Katz – Chelsea Green Pub, 2003.– 187с.
3. Higa T. Effect of Lactic Acid Fermentation Bacteria on Plant Growth and Soil Humus Formation // – 2004.
4. Guimarães A. Anti-aflatoxigenic effect of organic acids produced by *Lactobacillus plantarum* / Guimarães A., Santiago A., Teixeira J.A., Venâncio A., Abrunhosa L. // International Journal of Food Microbiology – 2018. – Т. 264 – С.31–38.
5. Hamed H.A. In vivo Efficacy of Lactic Acid Bacteria in Biological Control against *Fusarium oxysporum* for Protection of Tomato Plant // – 2011.
6. Jones D.L. Organic acids in the rhizosphere – a critical review / Jones D.L. // Plant and Soil – 1998. – Т. 205 – № 1 – С.25–44.
7. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями.
8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2).

УДК

Шуклина А.П., Шуклина В. П., Ермоленко Б.В.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Шуклина Анастасия Петровна, студент 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, email: a.schuklina2015@yandex.ru

Шуклина Валерия Петровна, студент 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии

Ермоленко Борис Викторович, к.т.н., доцент, доцент кафедры промышленной экологии Российской химико-технологической университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия.

Цель развития биоэнергетики в России – это формирование рыночного сегмента востребованных биопродуктов, произведенных на основе передовых технологий переработки биомассы, что обеспечит решение социальных задач, экологических и экономических проблем. Оценена возможность использования древесной и растительной биомассы в качестве источника энергии. Проведен анализ энергетических, технико-экономических и экологических характеристик различных видов твердого биотоплива.

Ключевые слова: древесные отходы, отходы растениеводства, биомасса, биотопливо, древесные пеллеты, агропеллеты, биоуголь, энергетический потенциал

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ENERGY USE OF PLANT AND WOOD WASTE ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Shuklina A.P., Shuklina V.P., Ermolenko B.V

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The goal of bioenergy development in Russia is the formation of a market segment of popular bioproducts produced on the basis of advanced biomass processing technologies, which will ensure the solution of social problems, environmental and economic problems. The possibility of using woody and plant biomass as an energy source has been evaluated. The analysis of energy, technical, economic and environmental characteristics of various types of solid biofuels.

Keywords: wood waste, plant waste, biomass, biofuel, wood pellets, agropellets, biocoal, energy potential

Зависимость от ископаемых видов топлива как основных энергоресурсов привела к серьёзному энергетическому кризису и проблемам окружающей среды. Чрезмерное использование ископаемого топлива является одной из основных причин глобального потепления и кислотных дождей, которые влияют на климат Земли, погоду, растительность и водные экосистемы. Из-за глобального загрязнения окружающей среды и соображений национальной энергетической безопасности необходимо разработать экологически чистый и возобновляемый источник энергии. Чистая и возобновляемая энергия обычно принимается как ключ к будущей жизни. Хорошим кандидатом на замещение ископаемого органического топлива могут служить растительные и древесные отходы.

Даже небольшие объёмы этих отходов, дальнейшее применение которых не представляется возможным, приводят в конечном итоге к их огромному количеству в районе предприятий или за их пределами. Под влиянием атмосферного воздуха, влажности, микроорганизмов, насекомых древесные и растительные отходы начинают разлагаться с выделением большого количества разного рода веществ, большинство из которых являются токсичными и канцерогенными. Растворяясь в атмосферных осадках и поверхностных водах, образовавшиеся вещества попадают в почвенный покров и загрязняют подземные воды, а также элюируют в рядом расположенные водоёмы, реки, нанося негативное воздействие на их биологическую и

микробиологическую среду. В результате на смену чистым водоёмам и речкам приходят дурно пахнущие стоки с отравленной биологической средой.

Кроме того, оставленные на лесосеке древесные отходы после рубки главного пользования и растительные отходы, образующиеся при сборе урожая, создают ситуацию, приводящую к возникновению пожаров, поскольку в летнее время влажность отходов низкая, а вероятность их самовоспламенения – высокая. Если же размещать отходы на полигоне, то это приводит к отторжению земель, требует дополнительных затрат, а также вызывает дополнительную техногенную нагрузку на природную среду, как и в случае простого сжигания. Поэтому лучшим решением утилизации данных отходов является их энергетическое использование.

Главную цель развития биоэнергетики в России можно определить как формирование стратегического инновационного направления ТЭК и нового рыночного сегмента востребованных биопродуктов с высокой добавленной стоимостью, произведенных на основе передовых технологий переработки биомассы, что обеспечит решение социальных задач, экологических проблем и реализацию экспортной программы по удовлетворению растущего спроса на продукцию данного вида в зарубежных странах. Биоэнергетика может стать основным способом решения энергетических проблем значительной части территории РФ (особенно отдаленных и необустроенных территорий).

С развитием биоэнергетики в России возникают

следующие основные преимущества:

В экономике: Происходит инновационное развитие трех ключевых сегментов экономики: энергетики, сельского хозяйства и лесного хозяйства. Создается новый сегмент биоиндустрии, происходит расширение источников налоговых поступлений. Производятся новые конкурентоспособные продукты, развивается потребительский рынок. Появляется дополнительный механизм усиления экономического роста путем производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Создаются дополнительные условия для успешного развития экономики регионов. Обеспечивается диверсификация топливно-энергетического баланса субъектов РФ за счет увеличения производства электрической и тепловой энергии на базе биоэнергетики и, в конечном счете, повышение ее доли в федеральном балансе производства и потребления электрической и тепловой в объеме первичной энергии страны.

В науке и технологиях: Активизируется научная деятельность в области фундаментальных и прикладных исследований. Разрабатываются новые технологии по переработке различных видов биомассы и получению новых продуктов, наращивается отраслевой инновационный и технологический потенциал. Сокращается научно-технологическое

отставание от ведущих стран-лидеров.

В социальной сфере: Создаются новые рабочие места. Совершенствуется система образования. Расширяются возможности получения специального образования и современной профессиональной подготовки и переподготовки. Формируются современные условия труда и быта для 30 млн. жителей сельской местности.

В экологии: Обеспечивается основа для широкомасштабной утилизации отходов. Повышается экологическая безопасность за счет снижения вредных выбросов от электрических и котельных установок в городах со сложной экологической обстановкой, а также автотранспортом.

В международном сотрудничестве: Расширяются возможности по реализации совместных масштабных проектов в области биоэнергетики по устойчивым поставкам биомассы, разработке и трансферу технологий, притоку финансов и инвестиций, повышению международного авторитета научных исследований.

Для того, чтобы оценить возможность использования биомассы в качестве источника энергии следует рассчитать энергетический потенциал отходов лесного хозяйства и деревообработки (таблица 1) и отходов растениеводства (таблица 2).

Таблица 1

Энергетический потенциал отходов лесного хозяйства, деревообработки и растениеводства по округам Российской Федерации

Федеральный округ	Топливный, млн.т.у.т./год		Теплоэнергетический, млн.Гкал/год		Электроэнергетический, млн.кВт·ч/год	
	лесхоз, деревообработка	растениеводство	лесхоз, деревообработка	растениеводство	лесхоз, деревообработка	растениеводство
Северо-Западный	3,53	0,12	23,77	0,82	10252,16	351,88
Центральный	3,55	12,17	23,91	81,93	10311,93	35340,08
Приволжский	0,82	6,26	5,53	42,12	2383,77	18169,68
Южный	0,10	7,66	0,65	51,57	279,48	22244,44
Северо-Кавказский	0,02	2,39	0,11	16,08	55,21	6934,03
Уральский	144,46	0,88	972,14	5,91	419334,01	2547,31
Сибирский	5,31	2,77	35,74	18,63	15415,88	8036,60
Дальневосточный	0,93	0,32	6,29	2,16	2713,78	931,89

Для России, обладающей огромным потенциалом возобновляемой биомассы, эффективное использование и переработка отходов может сократить зависимость предприятий, хозяйств и целых регионов от централизованного энергоснабжения, способствуя тем самым развитию территорий и формированию надежной системы энергетической и экологической безопасности.

Растительные и древесные отходы могут быть успешно подвергнуты переработке с получением таких продуктов, как щепа, древесные пеллеты, топливные брикеты, торрефицированные пеллеты (биоуголь) и агропеллеты, которые могут быть использованы для топливно-энергетических целей. Также получить энергию можно, используя такое твердое топливо, как каменный уголь. И для того чтобы выбрать оптимальный вид топлива необходимо провести анализ их энергетических, технико-

экономических (таблица 3) и экологических характеристик (таблица 4).

Поскольку теплота сгорания является основой теплотехнической характеристикой топлива и определяет его энергетическую ценность, то анализируя данные, приведенные в таблице 3, можно сделать вывод, что древесные пеллеты, торрефицированные пеллеты (биоуголь) и агропеллеты обладают высокой энергопроизводительностью. Торрефицированные пеллеты характеризуются гидрофобностью, отсутствием к биологической деградации, поэтому не требуют особого обращения и могут храниться на улице. Кроме того, они имеют высокую насыпную плотность, вследствие чего затраты на перевозку значительно ниже, чем у других видов биотоплива, что позволяет производству биоугля быть рентабельным на значительном удалении от конечного потребителя.

Таблица 3

Энергетические и технико-экономические показатели различных видов топлива

Характеристика	Щепа	Древесные пеллеты / топливные брикеты	Торрефицированные пеллеты (биоуголь)	Агропеллеты (из шелухи подсолнечника)	Каменный уголь
Влажность, %	30-45	7-10	1-5	<10	10-15
Теплотворная способность, МДж/кг	9-12	15-16 /19-20,5	20-24	17,9-19,9	23-28
Насыпная плотность, кг/м ³	200-250	550-750/400-600	750-850	600-640	800-850
Гигроскопичные свойства	Гидрофильные	Гидрофильные	Гидрофобные	Гидрофильные	Гидрофобные
Склонность к биологической деградации	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет
Требование к хранению	Высокое	Среднее	Низкое	Среднее	Низкое
Стоимость транспортировки	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя	Низкая
Летучие, %	20-25	20-25	28-35	≈ 40	50-55
Фиксированный углерод, %	70-75	70-75	55-65	≈ 47,4	15-30
Зольность, %	0,7-1,2	0,9-1,4/0,5-1,2	<3	<3	10-40
Содержание пыли	Среднее	Допустимое	Допустимое	Допустимое	Допустимое
Средняя стоимость на рынке, руб./т	1500	9000	11900	6000	8400

Таблица 4

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании различных видов топлива для получения энергии 4 МВт

Выбросы ЗВ	Вид топлива					
	Щепа	Древесные пеллеты	Агропеллеты	Биоуголь	Бурый уголь	Каменный уголь
NO ₂ , г/с	0,8880114	0,9452376	0,9660755	1,0110177	0,4752661	0,5975538
NO, г/с	0,1443019	0,1536011	0,1569873	0,1642904	0,0772307	0,0971025
Бензапирен, г/с	0,0000031	0,0000032	0,0000032	0,0000031	0,0000023	0,0000030
Взвешенные вещества, г/с	0,0964180	0,0756181	0,3937120	0,0311805	3,8269390	0,9288840
CO, г/с	8,3616582	8,3632057	8,3630334	8,3629437	3,9509757	4,0131113
SO ₂ , г/с	0,1928360	0,7561805	0	0,0804129	2,2379760	1,8999900
Сажа (С), г/с	1,0443457	1,0445389	1,0445175	0,5222531	1,5191484	1,0127853

По результатам расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании различных видов топлива можно сделать вывод, что использование твердых видов биотоплива в энергетике позволит решить вопрос утилизации древесных и растительных отходов и уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, поскольку они имеют теплотворную способность, не уступающую каменному углю.

Зола, составляющая до 3 % от массы топлива, может использоваться как удобрение. С точки зрения выделения в атмосферу CO₂ сжигание биотоплива признано нейтральным, так как в процессе роста биомасса поглощает такое же количество углекислого газа, какое выделяет при сжигании. К тому же древесина является возобновляемым источником энергии, тогда как

запасы ископаемого топлива в недрах земли по мере сжигания постоянно сокращаются.

Таким образом, использование современных технологий в области утилизации отходов позволяет решить экономические и экологические проблемы.

Список литературы

1. Технологическая платформа «Биоэнергетика» Стратегическая Программа Исследований. – Москва, 2014. – С.24-115.
2. ЕМИСС Государственная статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/37848> (дата обращения 18.06.2019).
3. Kleinschmidt C.P. Overview of international developments in torrefaction. – Niderlands. – P. 2.

УДК 661.152

Диканская О.П., Волосатова Е.Ф., Тихонова И.О.

К ВОПРОСУ О МАРКЕРНЫХ ВЕЩЕСТВАХ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРОИЗВОДСТВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Диканская Ольга Павловна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: olga-dikanskaya3@yandex.ru;

Волосатова Елизавета Феликсовна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Тихонова Ирина Олеговна, к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии;

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В данной работе проанализирована целесообразность выделения маркерных веществ в сточных водах предприятий по производству аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. В результате был сделан вывод, при полном соответствии технологических процессов технологическим показателям, установленным в нормативных документах, выделение маркерных веществ не требуется.

Ключевые слова: производство удобрений, маркерные вещества, сбросы, автоматический контроль.

TO THE QUESTION OF MARKERING SUBSTANCES IN WASTE WATERS OF MINERAL FERTILIZER PRODUCTIONS

Dikanskaya O.P., Volosatova E.F., Tikhonova I.O.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

In this article, the feasibility of the allocation of marker substances in the wastewater of enterprises producing ammonia, mineral fertilizers and inorganic acids has been analyzed. As a result, it was concluded that with full compliance of technological processes with the technological parameters established in regulatory documents, the allocation of marker substances is not required.

Keywords: fertilizer production, marker substances, discharges, automatic control.

С 1 апреля 2019 года вступил в силу ГОСТ Р 56828.44-2018 [2]. Выбор маркерных веществ для выбросов в атмосферу от промышленных источников», регулирующий выбор маркерных веществ и устанавливающий методику выбора приоритетных веществ для автоматического контроля. Но помимо выбросов у предприятий есть и сбросы. Таким образом, возникает вопрос – есть ли необходимость разработки подобного перечня для сточных вод в производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот?

Минпромторгом России подготовлены Правила создания и эксплуатации систем автоматического контроля, которые в дальнейшем утверждены Постановлением Правительства [1]. Данные правила устанавливают порядок создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к объектам I категории в соответствии с законодательством.

Стационарные источники сбросов включаются в программу при соблюдении следующих условий: а) сбросы сточных вод стационарным источником образуются при эксплуатации технических устройств; б) сбросы сточных вод стационарным источником в общий объем сточных вод, отводимых с объектов I категории, составляет более 15 процентов; в)

наличие средств и методов измерений концентраций загрязняющих веществ в условиях эксплуатации стационарного источника сбросов.

Автоматическими средствами измерения и учета показателей сбросов загрязняющих веществ, а также техническими средствами фиксации и передачи информации о показателях сбросов загрязняющих веществ должны быть оснащены выпуски сточных вод, включая глубоководные выпуски, в водные объекты, за исключением выпусков сточных вод, образующихся на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на которых осуществляется деятельность исключительно по производству кокса, добыче сырой нефти и (или) природного газа, переработке природного газа, добыче и обогащению железных руд, обеспечению электрической энергией, газом и паром, производству фармацевтических субстанций, обработке поверхностей, предметов или продукции.

Система автоматического контроля сбросов должна обеспечивать получение следующих показателей: объемный расход, м³/ч; температура сбрасываемых сточных вод, °С; водородный показатель сбрасываемых сточных вод, pH; химическое потребление кислорода, мг/дм³ [1].

В производстве образуются различные категории сточных вод. Сточная вода – это вода, бывшая в бытовом, производственном или

сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшая через какую-либо загрязненную территорию [5]. В зависимости от условий образования сточные воды делятся на: хозяйственно-бытовые, ливневые и промышленные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в результате бытовой жизнедеятельности, их очистка, как правило, производится на биологических очистных сооружениях и регулируется ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов».

В соответствии с ГОСТ Р 56828.12-2016 [3] для целей применения ИТС 10-2015 все водные объекты делятся на четыре категории. В зависимости от категории водного объекта выбираются соответствующие технологические показатели. В общем случае для хозяйственно-бытовых сбросов предлагается следующий перечень технологических показателей: взвешенные вещества, БПК₅, ХПК, фосфаты (по фосфору), нефтепродукты, азот аммонийный, азот нитратный, азот нитритный.

Ливневые стоки появляются в результате выпадения атмосферных осадков, мойки дорожных покрытий, при искусственном водопонижении, а также инфильтрации в коллекторе. Очистка ливневых стоков, как правило, производится на локальных очистных сооружениях. Поскольку в поверхностном стоке производства аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот содержатся специфические вещества с токсичными свойствами, то данное производство можно отнести ко второй группе, определенной в «Рекомендациях по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты». В качестве маркерных веществ предлагаются (см. Таблица 3 Рекомендаций): взвешенные вещества, сухой остаток (солеосодержание), нефтепродукты, ХПК фильтрованной пробы, БПК₂₀ фильтрованной пробы. В зависимости от профиля производства дождевые воды содержат тяжелые металлы, фенолы, фосфор общий, азот аммонийный, фтор [4].

Производственные сточные воды – сточные воды, образующиеся в технологических процессах производства. В зависимости от технологии производства состав маркерных веществ может меняться.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, в настоящий момент нормативного документа, регулирующего выбор маркерных веществ в сточных водах для проведения автоматического контроля, не существует. Но, возможно, он и не требуется?

Технологии, включенные в справочник ИТС 2-2015 «Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот», являются

бессточными. Все образующиеся загрязненные воды либо утилизируются в процессе производства, либо подвергаются очистке и используются в системах оборотного или повторного водоснабжения.

В настоящее время многие предприятия переходят на замкнутый водооборотный цикл, что позволяет предприятию сократить затраты на водопользование, а также на строительство и обслуживание многостадийных очистных сооружений, поскольку сброс в поверхностные водные объекты отсутствует. Также к качеству оборотной воды предъявляются менее жесткие требования, чем к сбрасываемой в поверхностный водный объект. Таким образом, перечень маркерных веществ здесь не является необходимостью.

Поэтапный переход к новой системе государственного регулирования на основе наилучших доступных технологий предполагает к 2023-2025 году полный переход всех предприятий I категории, к которой относится производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот, на стандарты наилучших доступных технологий.

Таким образом, при условии полного соответствия технологических процессов предприятия технологическим принципам, отнесенным к наилучшим доступным технологиям в соответствующих справочниках, маркерные вещества в сбросах сточных вод не требуют своего выделения, поскольку сточные воды будут отсутствовать как таковые.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.03.2019 N 262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ»;
2. ГОСТ Р 56828.44-2018 «Наилучшие доступные технологии. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Выбор маркерных веществ для выбросов в атмосферу от промышленных источников»;
3. ГОСТ Р 56828.12-2016 «Наилучшие доступные технологии. Классификация водных объектов для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений».
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – Москва: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. – 88с.
5. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды - М.: Химия, 1989. - 512с.

УДК 577.114.5, 57.03

Безяева А.Д. Красноштанова А.А

ВКЛЮЧЕНИЕ АМИЛАЗЫ В ХИТОЗАН-АЛЬГИНАТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ

Безяева Анастасия Дмитриевна, студентка 3 курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Красноштанова Алла Альбертовна, доктор химических, доцент, профессор кафедры биотехнологии,
 e-mail: aak28@yandex.ru ;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20
Получены хитозан-альгинатные наночастицы, нагруженные амилазой. Подобраны оптимальные условия, обеспечивающие максимальную загрузку амилазы в наночастицы. Определена емкость наночастиц по амилазе.

Ключевые слова: наночастицы, хитозан, альгинат, амилаза

THE INCLUSION OF AMYLASE IN CHITOSAN-ALGINATE NANOPARTICLES

Bezyaeva A.D., Krasnoshtanova A.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Chitosan-alginate nanoparticles loaded with amylase were obtained. The optimum conditions for obespetchivaushyi maximum load of amylase in nanoparticles. The amylase capacity of nanoparticles was determined.

Keywords: nanoparticles, alginate, chitosan, amylase

Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений в развитии эффективных форм ферментных препаратов является использование полисахаридных наночастиц. Они обеспечивают защиту загруженного в них препарата от агрессивной внешней среды. Другим достоинством наночастиц является контроль скорости высвобождения фермента, что дает возможность получить препарат пролонгированного действия [3].

В качестве материалов для конструирования наночастиц часто используют хитозан и альгинат, обладающих необходимыми для данной цели свойствами, такими как: отсутствие токсичности, мукоадгезивные свойства биоразлагаемость и биосовместимость.

Альгинат – анионный полисахарид, получаемый из бурых водорослей. Связываясь поперечными сшивками с ионами двухвалентного металла, альгиновая кислота в кислых средах образует гель, химическая структура которого подобна коробке для яиц, что позволяет удерживать вещество внутри себя. Благодаря вышеуказанным свойствам, данный гель нашел широкое распространение в пероральной доставке лекарственных препаратов и создании новых форм ферментных препаратов [4].

Для стабилизации инкапсулированных веществ и повышения адсорбционных свойств наночастиц используют полиэлектролитный комплекс, образующийся в результате смешивания двухвалентных солей альгината с хитозаном. Хитозан, благодаря своим положительно заряженным аминогруппам, способен взаимодействовать с отрицательно заряженными компонентами слизи, что объясняет его высокие мукоадгезивные свойства, а также способен раскрывать плотные стенки клеточных контактов для улучшения всасывания лекарственного препарата [4-6].

Для усвоения пищи организм вырабатывает четыре основные группы гидролитических ферментов: протеолитические, амилазные, липолитические и нуклеолитические. Амилазы – ферменты, продуцирующиеся в слюнных железах и

поджелудочной железе, катализирующие гидролиз крахмала до дисахаридов (сахаров). При недостаточной активности амилаз, потребленный крахмал, не способный усвоиться клетками организма, служит субстратом для патогенной микрофлоры, являющихся возбудителями заболеваний ЖКТ. Для нормализации пищеварения применяют ферментные препараты медицинского назначения. Амилаза представляет собой белок и может быть расщеплена протеазами ЖКТ. Хитозан-альгинатные наночастицы способны доставить фермент через ЖКТ до тонкого кишечника, где происходит всасывание данного вещества [1].

Таким образом, целью данной работы является подбор оптимальной концентрации амилазы, при которой будет достигнута максимальная загрузка фермента в наночастицы.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовалась амилаза бактериальная с активностью 3600 ед/г производства компании Shenzhen Leveking Bio-engineering Co, альгинат натрия низкой вязкости производства компании Sigma-Aldrich и низкомолекулярный хитозан со степенью деацелирования более 75% производства компании Sigma-Aldrich.

Для получения хитозан-альгинатных наночастиц к 117,5 мл раствора альгината 0,064% (массовых) и pH 4,3 по каплям со скоростью 0,125 мл/мин с помощью перистальтического насоса добавляли 7,5 мл раствора хлорида кальция 18 мМ. К полученному раствору с помощью перистальтического насоса со скоростью 0,42 мл/мин по каплям добавляли 25 мл раствора хитозана 0,07% (массовых) и pH 4,6. В процессе приготовления раствора его постоянно перемешивали на магнитной мешалке со скоростью 800 об/мин. Для стабилизации наночастиц готовую суспензию перемешивали на магнитной мешалке в течение 30 минут со скоростью 800 об/мин. Наночастицы выделяли из суспензии путем центрифугирования со скоростью 10000 об/мин в течение 30 минут. Концентрацию белка в растворах определяли колориметрическим методом Лоури [2].

Результаты и обсуждение

Для определения емкости наночастиц по амилазе варьировали количество фермента в суспензии наночастиц. При приготовлении раствора альгината в него вносили амилазу в количестве, при котором в конечном растворе его концентрация составляла 0,001 - 0,10 мг/мл. Наночастицы, нагруженные амилазой получали вышеописанным способом. Для определения количества фермента, не включенного в наночастицы, определяли наличие белка в надосадочной жидкости методом Лоури.

Прежде чем определять емкость наночастиц по амилазе необходимо было проверить правомерность использования для этой цели метода Лоури, т.к. благодаря наличию гидроксильных групп в молекулах хитозана и альгината возможно искажение получаемых результатов.

На рисунке 1 представлены экспериментальные данные, полученные с помощью метода Лоури. По графику видно, что надосадочная жидкость, полученная при центрифугировании суспензии с пустыми наночастицами, дает фон, который необходимо учитывать при обработке результатов. Линейная зависимость оптической плотности от концентрации амилазы наблюдается при концентрациях последней более 0,04 мг/мл.



Рисунок 1. Зависимость оптической плотности растворов амилазы, определяемой методом Лоури, от ее концентрации в растворе

На рисунке 2 представлена обработка результатов с учетом фона ненагруженных наночастиц. Из графика видно, что при концентрации фермента в растворе меньше 0,35 мг/мл вся амилаза включена в наночастицы и поглощение возникает только в следствие фона. Для определения максимальной емкости хитозан-альгинатных наночастиц по амилазе была построена линия тренда через точки, отвечающие концентрациям фермента, превышающих емкость наночастиц, и экстраполирована на ось абсцисс. Таким образом, из рисунка 2 следует, что максимальная загрузка наночастиц достигается при концентрации 0,037 мг/мл.

Эффективность включения соединения в хитозан-альгинатные наночастицы характеризуется степенью его сорбции. Результаты зависимости степени включения амилазы от ее концентрации представлены на рисунке 3, из которого видно, что наибольшая эффективность включения амилазы в систему адресной доставки, со степенью включения более 98%, достигается при концентрации 0,037 мг/мл.

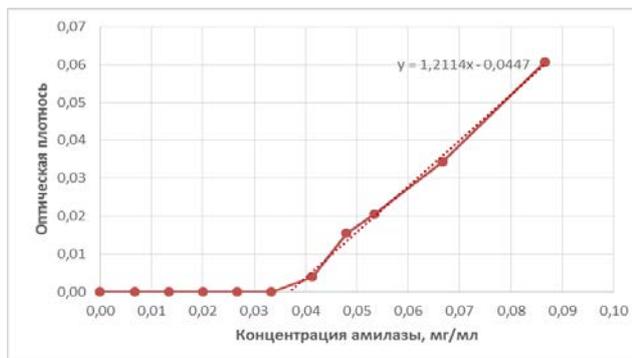


Рисунок 2. Зависимость оптической плотности растворов амилазы, определяемой методом Лоури, от концентрации амилазы с учетом фонового поглощения

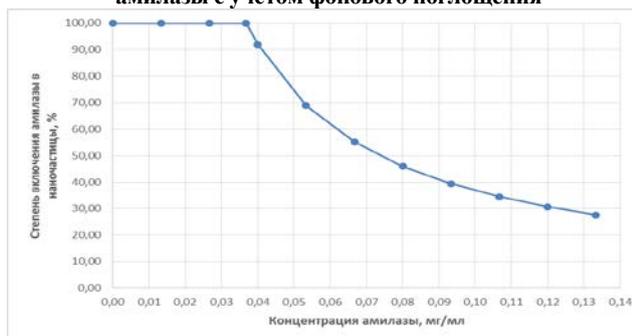


Рисунок 3. Зависимость степени включения амилазы в хитозан-альгинатные микрочастицы от ее концентрации в растворе

Дальнейшее повышение концентрации не будет давать результата, что обусловлено превышением емкости хитозан-альгинатных наночастиц.

Выводы

1. Показана правомерность использования метода Лоури при оценке емкости хитозан-альгинатных наночастиц по амилазе.
2. Подобрана оптимальная концентрация амилазы, при которой достигается ее максимальное включение в хитозан-альгинатные наночастицы. Емкость наночастиц по данному ферменту составляет 18,5 мг на 1 г наночастиц.

Список литературы

1. Эллиот В. Биохимия и молекулярная биология/ В. Эллиот, Д. Эллиот – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2002. – 429 с.
2. Запруднова Е.А. Практикум по биохимии/ Е.А. Запруднова, А.Г. Гладилкина – Владимир: Издательство Владим. гос. ун-та, 2011. – 56 с.
3. Коновалова М.В. и др. Получение, свойства и перспективы применения частиц на основе хитозана и пектина // Известия Уфимского Научного Центра РАН. 2015. Т. 4, № 1. С. 68–70.
4. Хотимченко Ю.С. Углеводные биополимеры для адресной доставки белковых препаратов, нуклеиновых кислот и полисахаридов // Тихоокеанский Медицинский Журнал. 2014. № 2. С. 5–13.
5. Агабеков Владимир, Куликовская Виктория, Гилевская Ксения, Дубатовка Екатерина Нано- и микроконтейнеры для доставки биологически активных веществ // Наука и инновации. 2017. №170.
6. Киржанова Е.А. и др. Микро - и наночастицы из альгината и хитозана для трансмукозальной доставки белка // Вестник Московского Университета. Серия 2. Химия. 2016. Т. 57, № 2. С. 103–111.

УДК 577.15.08+606.61

Ванюшенкова А.А., Ханафина А.А., Иванова С.Н., Досадина Э.Э., Белов А.А.

ДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ НА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ГЕПАТОПАНКРЕАСА КРАБА

Ванюшенкова Анна Алексеевна, студент 3-го курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Ханафина Анна Андреевна, студент 4-го курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;

Иванова Светлана Николаевна, главный специалист ЦКП им. Д.И. Менделеева;

Досадина Элина Эльдаровна, кафедра биотехнологии;

Белов Алексей Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры биотехнологии, *E-mail: ABelov2004@ yandex.ru

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

В работе изучено действие продуктов гидролитической деструкции целлюлозы и ее производных на протеолитическую активность ферментов протеолитического комплекса из гепатопанкреаса краба при различной инкубации в жидкой среде (до 552 ч, T 37°C, pH 6,2). Было установлено, что продукты деструкции исследованных образцов материалов, за исключением ДАЦ (1,20), не оказывают существенного влияния на ферментативную активность ферментов ПК при комнатной температуре в течении 2 часов, но повышают значения эффективных констант скорости термоинактивации (25,37,45°C, pH 6,2, 48 часов).

Ключевые слова: диальдегидцеллюлоза, протеиназы, хитозан, гидролитическая деструкция, материалы для ранозаживления.

PRODUCTS EFFECT OF CELLULOSE AND ITS DERIVATIVES HYDROLYTIC DESTRUCTION ON THE PROTEOLYTIC ACTIVITY OF THE PROTEOLYTIC COMPLEX ENZYMES FROM CRAB HEPATOPANKRAS

Vaniushenkova A.A., Khanafina A.A., Ivanova S.N., Dosadina E.E., Belov A.A.*

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

*e-mail: abelov2004@ yandex.ru

This article has studied the products effect of cellulose and its derivatives hydrolytic degradation on the proteolytic activity of the proteolytic complex enzymes of crab hepatopancreas during prolonged incubation in a liquid medium (up to 552 h, T 37 ° C, pH 6.2). It was found that the degradation products of the studied samples of materials, with the exception of DAC (1.20), do not have a significant effect on the enzymatic activity of PC, but increase the values of the effective inactivation rate constants.

Keywords: proteinases, chitosan, hydrolytic destruction, materials for wound healing

При использовании в медицинской практике иммобилизованных препаратов разнообразных терапевтических агентов (ТА) необходимо знать механизмы их работы и утилизации в организме. Выбор в качестве биodeградируемых и биосовместимых носителей диальдегидцеллюлозы (ДАЦ) и хитозана (Хт) подробно нами обоснован в [1,2].

В то время, как целлюлоза нерастворима в воде и устойчива к действию слабых растворов кислот и щелочей, диальдегидцеллюлоза (ДАЦ - продукт периодатного окисления целлюлозы) и ее производные подвергаются разрушению в воде и слабокислых и сильнее слабощелочных растворах [2]. Этот процесс называется гидролитической деструкцией. Кинетика гидролитической деструкции описывается полулогарифмической анаморфозой, что позволяет рассчитать константы скоростей гидролитической деструкции как константы скоростей реакций первого порядка. Можно

рассчитать (и самое главное регулировать) за какое время половина всех способных к переходу в растворимое состояние фрагментов ДАЦ-ТА диффундирует в раневой экссудат. Это чрезвычайно важно с точки зрения практического применения терапевтических систем в медицинской практике. Целлюлоза (Ц) - стереорегулярный высокоориентированный кристаллический полимер. Степень кристалличности хлопка 65 - 70%. При периодатном окислении в ДАЦ превращается, в первую очередь, аморфная часть. Кристаллическая часть остается каркасом, который при относительно невысоких степенях окисления обеспечивает достаточную механическую прочность ДАЦ [2]. То же относится и к производным ДАЦ содержащих различные ТА (терапевтические агенты).

Для исследования кинетики гидролитической деструкции материалов, нами было изучено изменение различных физико-химических параметров носителей и продуктов деструкции

(растворы в которые они были помещены). Навеску материала заливали 1/15М ФБ рН 6,2 при гидромодуле ≈ 50 , и помещали в водяной термостат (37°C) при периодическом перемешивании, через заданные интервалы времени определяли необходимый параметр. Как видно из представленных данных и [1,3] деструкция ДАЦ начинается сразу при помещении ее или препаратов на ее основе в раствор (37°C, рН 6,2) и это отражается на УФ-Вид спектрах растворов, в которые помещается ДАЦ [1]. Что может быть связано с разрывом, как связей носитель-ТА (носители ДАЦ, Ц, Хт), так и деструкция самого носителя. В условиях организма к этому может присоединиться и биологическая деструкция – деструкция (как носителей, так и иммобилизованных ТА) под действием ферментов организма. На рисунке 1 представлены УФ-спектры растворов целлюлозных носителей после 552ч инкубации в 1/15М ФБ 6,2 при 37°C. Так как содержание продуктов деструкции, обладающих интенсивным поглощением в исследуемой области, для образца ДАЦ (1,20) слишком велико, чтобы увидеть спектральную картину нам пришлось разбавить исходную пробу 1/15М ФБ 6,2 в 10 раз (ДАЦ (1,20) р 10).

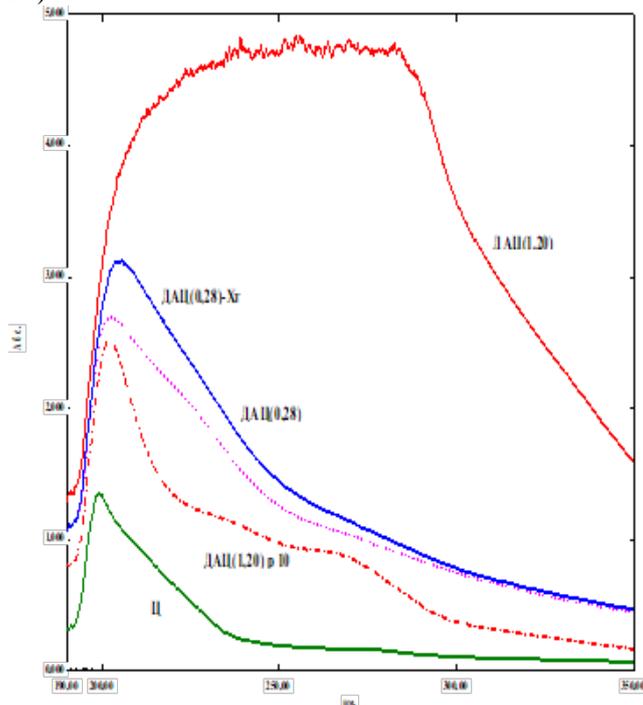


Рисунок 1. УФ спектры растворов целлюлозных носителей после 552ч инкубации в 1/15М ФБ 6,2 при 37°C

Таблица 1. Влияние продуктов деструкции целлюлозных носителей на ферментативную активность (субстрат казеин) ферментов, входящих в состав ПК, в зависимости от времени инкубации в 1/15М ФБ 6,2 при 37°C.

Образец	Время, ч	A/Ao
Целлюлоза(0,08)	2	1,39
	24	1,49
	48	1,245
	552	1,13
ДАЦ(0,28)	2	1,25
	24	1,41
	48	1,15
	552	1,09
ДАЦ(0,28)-Хт	2	1,43
	24	1,46
	552	1,14
ДАЦ(1,20)	48	0,80
	552	0,99

На рисунках 2 и 3, в качестве примера, приведены ИК-спектры образцов Ц и ДАЦ (0,28) до и после выдерживания в течение 48 часов в 1/15М ФБ (рН 6,2) при 37°C. Для образцов после выдерживания (ah) в растворе 1/15М ФБ содержатся продукты деструкции целлюлозных препаратов. Как видно из полученных данных, в первую очередь для образцов ДАЦ, в области 1800-1600 см^{-1} видны значительные изменения в спектре. В литературе было показано [4], что данная область спектра соответствует альдегидным группам, образовавшимся в результате периодатного окисления целлюлозы.

Как нами было установлено ранее продукты гидролитической деструкции ДАЦ обладают «интересными» и полезными, с точки зрения лечения ран, свойствами [1]. Они обладают антиоксидантными свойствами и замедляют рост таких патогенных микроорганизмов как *St.aureus* и *E.coli*. Продукты гидролитической деструкции исследованных целлюлозных материалов не влияют на протеолитическую активность ферментов ПК (за исключением ДАЦ (1,20)), но происходит увеличение эффективных констант скорости инактивации в их присутствии при термоинактивации образцов ПК при 25,37,45°C, рН 6,2, до 48 часов. По всей видимости альдегидсодержащие фрагменты носителя или иные «активные» вещества образовавшиеся в ходе деструкции носителя модифицируют (инактивируют) молекулу белка, причем в процессе термоинактивации продуктами деструкции прослеживается четкая зависимость увеличения инактивирующего действия во времени, а также с увеличением степени модификации (количества альдегидных групп) и температуры, аналогичная раствору формальдегида. Глюкоза не инактивирует ферменты ПК.

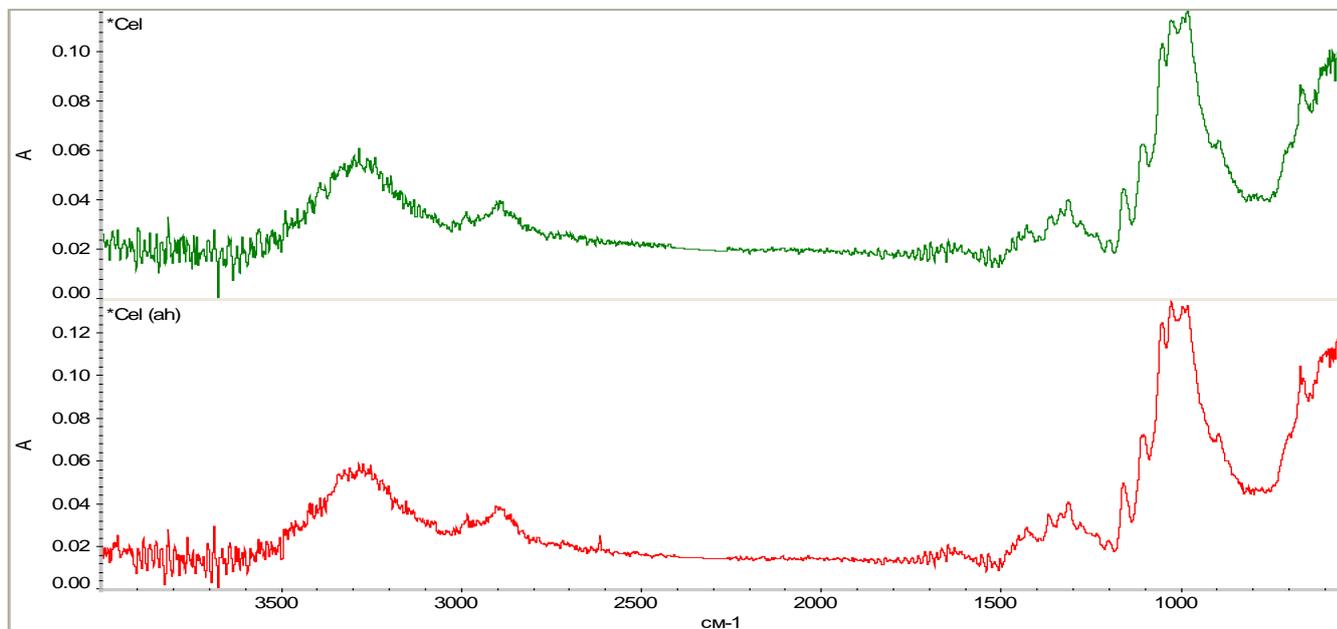


Рисунок 2. ИК спектры образцов Целлюлозы до и после выдерживания (*Cel ah*) в 1/15М ФБ (рН 6,2) при 37°С 48ч

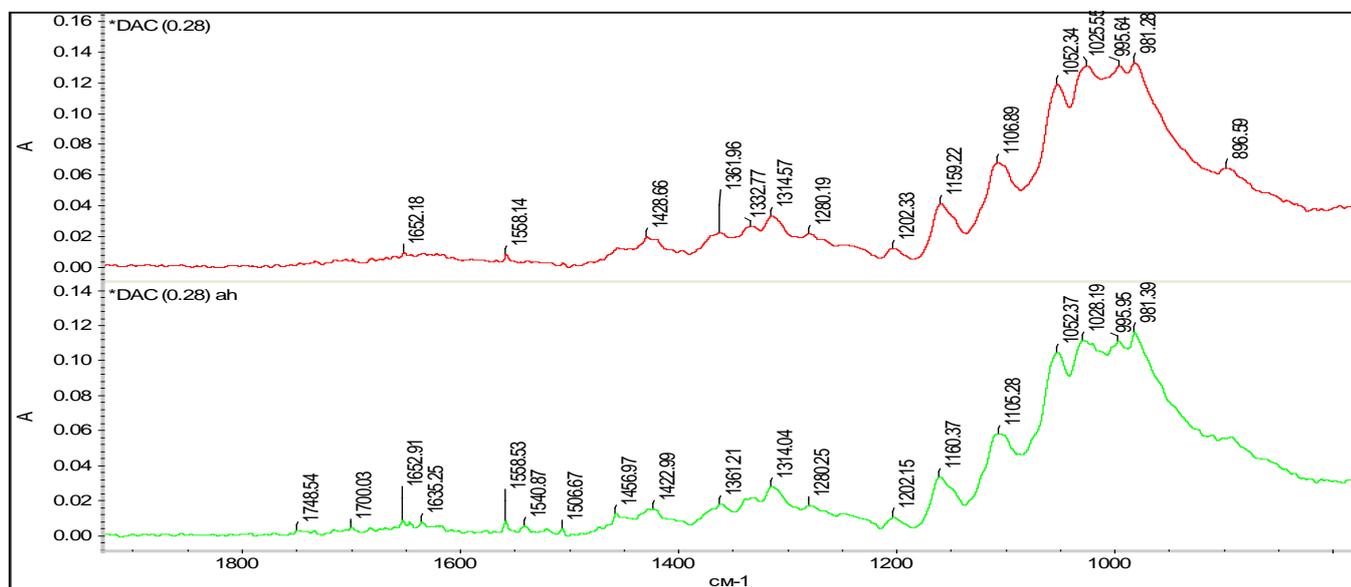


Рисунок 3. ИК спектры образцов ДАЦ (0,28) до и после выдерживания (*DAC (0,28) ah*) в 1/15М ФБ (рН 6,2) при 37°С 48ч

Список литературы

1. Ванюшенкова А.А., Досадина Э.Э., Белов А.А. и др. Синтез и исследование свойств композиционных материалов на основе целлюлозы и хитозана содержащие различные терапевтические агенты. Часть 2. Влияние хитозана на деструкцию целлюлозных носителей и кинетику выхода терапевтического агента в модельной среде // *Бутлеровские сообщения*. **2019**. Т.57. №3. С.105-119.
2. Белов А.А. Разработка промышленных технологий получения новых медицинских материалов на основе модифицированных

волокнообразующих полимеров, содержащих биологически активные белковые вещества. Дисс. на соис. ученой степ. доктора технич. наук М.: РХТУ. 2009. С.385.

3. Досадина Э.Э., Бркич Л.Л., Пятигорская Н.В. и др. Использование хитозана в качестве носителя протеиназ и мирамистина для получения ферментсодержащего геля // *Бутлеровские сообщения*. **2016**. Т.48. №10. С.49-59.

4. Fan Q. G., Lewis D. M., Tapley K. N., Characterization of Cellulose Aldehyde Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy, // *Journal of Applied Polymer Science*, **2001**, Vol. 82, P.1195–1202,

УДК 577.15.08+606.61

Зверева В.В., Ванюшенкова А.А., Ханафина А.А., Белов А.А.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИРАМИСТИНА С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ АГЕНТАМИ

Зверева Владислава Васильевна, студент 2-го курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Ванюшенкова Анна Алексеевна, студент 3-го курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Ханафина Анна Андреевна, студент 4-го курса факультета биотехнологии и промышленной экологии;
Белов Алексей Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры биотехнологии, *E-mail: ABelov2004@yandex.ru
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Изучено действие различных терапевтических агентов (различные ферменты, глицерин и др.) на биологические свойства мирамистина в присутствии хитозана. Методами ИК, УФ-Вид и ЯМР спектроскопии показано наличие или отсутствие сильного химического взаимодействия между компонентами изучаемых смесей. При длительной термоинактивации в жидкой среде (до 72 ч, T+37°C, pH 6,2) мирамистин не теряет биологических свойств по отношению к Staphylococcus aureus и Escherichia coli.

Ключевые слова: УФ-спектры, мирамистин, хитозан, протеиназы.

INTERACTION BETWEEN MIRAMISTIN AND DIFFERENT THERAPEUTIC AGENTS

Zvereva V.V., Vaniushenkova A.A., Khanafina A.A., Belov A.A.*

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

*e-mail: abelov2004@yandex.ru

The effect of various therapeutic agents (various enzymes, glycerin, etc.) on the biological properties of Miramistin in the presence of chitosan has been studied. Using IR, UV-View and NMR spectroscopy, the presence or absence of a strong chemical interaction between the components of the studied mixtures was shown. With prolonged thermal inactivation in a liquid medium (up to 72 h, T + 37 ° C, pH 6.2), miramistin does not lose its biological properties with respect to Staphylococcus aureus and Escherichia coli.

Keywords: UV spectra, miramistin, chitosan, proteinases.

В современном мире все так же остро стоит проблема правильного ведения раневого процесса на всех стадиях заживления. Для каждого этапа специалистами подбирается свой комплекс методов и средств, в том числе и лекарственных, способствующих осуществлению полного заживления раны. Основным и необходимым мероприятием является очищение раны от некротизированных участков, способствование оттока экссудата, устранение факторов, мешающих заживлению (диабет, авитаминоз и т.д.), а также удаление патогенной микрофлоры и предотвращении вторичной контаминации. Повторное заражение раневого объема ведет к значительному снижению темпа заживления, а в некоторых случаях способствует переходу течения раневого процесса в хронический [1-3]. Для предотвращения контаминации используется разнообразный спектр представленных на рынке препаратов, обладающих антимикробными свойствами. Однако наиболее известным и широко используемым в современной медицинской практике антимикробным агентом, входящим в состав средств для лечения трофических язв, пролежней и других гнойно-некротических ран является мирамистин (Мир).

Мирамистин (Мир) - катионный антисептик отечественного производства, обладающий широким спектром действия (рис.1). Клинически доказано, что он обладает выраженным антимикробным действием в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий, а также штаммам, полирезистентным к лекарственным препаратам. Также воздействует на грибы, простейших и сложные вирусы. В литературе показано, что Мир обладает синергидным действием на другие антимикробные агенты, что позволяет существенно снизить резистентность к ним клинических штаммов [4,5]. Одним из его достоинств является отсутствие аллергизирующего, мутагенного, раздражающего и эмбриотоксического действия, а также низкая токсичность [5].

Для моделирования и описания поведения создаваемой лекарственной композиции в среде организма человека необходимо тщательно изучить возможные процессы взаимодействия как мирамистина с различными терапевтическими агентами, входящими в состав препарата, так и действие ТА на биологическую активность Мир. Терапевтические агенты (ТА)- вещества, применяющиеся в процессе непосредственно лечения, а также в качестве превентивных мер [2,3].

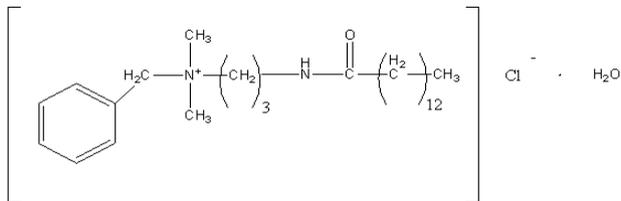


Рис. 1. Структурная формула мирамистина.

В процессе исследования было изучено влияние различных ТА на Мир. В качестве ТА использовались: протеиназы (ПК, трипсин, бромелаин, химопсин), хитозан (Хт), целлюлоза и ее окисленные формы, используемые нами в качестве носителей.

Нами было изучено влияние на Мир (изменение биологических и физико-химических свойств) различных ТА: протеиназ – ПК, трипсина, химопсина, бромилаина; хитозана (Хт), целлюлозных носителей. На рисунках 2 и 3 представлены УФ-спектры бинарных систем, содержащих Мир. Аналогичные данные получены и для других систем. Как видно из полученных данных, нет сильного химического взаимодействия между компонентами смеси. Наличие в исследуемом спектре всей совокупности полос с совпадающими (с точностью до 1нм) положениями максимумов и значениями максимальных коэффициентов экстинкции (с точностью до 10%) свидетельствует о тождественности исследуемого и сравниваемого соединений. Появление лишних полос или увеличение интенсивности отдельных максимумов может быть вызвано присутствием примесей или наличием межмолекулярных взаимодействий в исследуемом растворе.

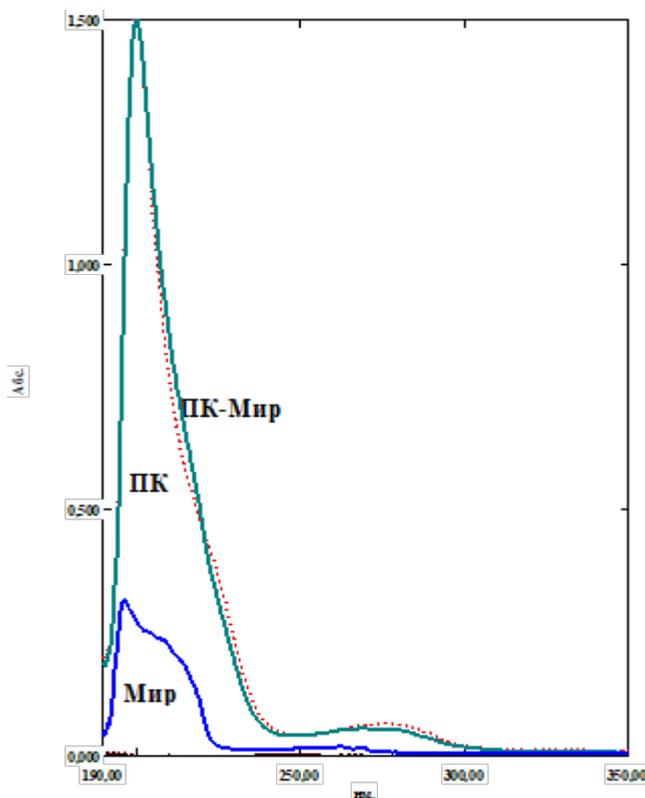


Рисунок 2. УФ спектры растворов мирамистина (Мир), ПК и ПК-Мир

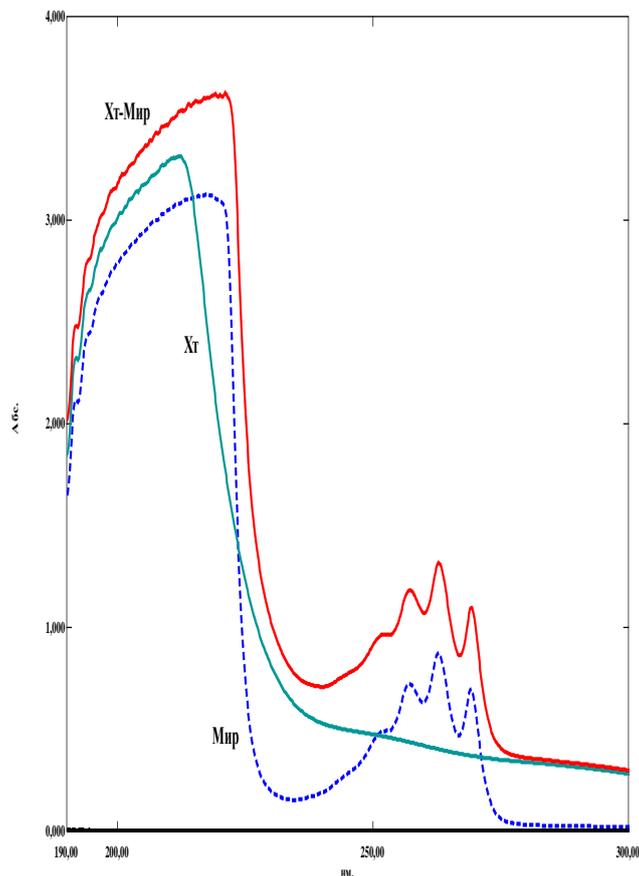


Рисунок 3. УФ-спектры растворов хитозана (Хт), мирамистина (Мир) и Хт-Мир

Однако, отмечены временные изменения интенсивности спектров, это может свидетельствовать о деструкции полимеров хитозана и молекул мирамистина во времени при хранении.

Как нами было установлено при нахождении в растворе при повышенной температуре многие из изученных препаратов деструктурируют, что отражается в том числе на УФ-Вид спектрах. Продукты деструкции могут инактивировать использованные ТА, в первую очередь ферменты (наиболее лабильный терапевтический агент).

Антибактериальную активность мирамистина и препаратов на его основе исследовали методом «колодцев» и с помощью 96-луночного микропланшета. Была определена минимальная ингибирующая концентрация (МИК) по отношению к *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Было установлено, что изученные ТА не влияют на МИК Мир. Инкубирование препаратов содержащих Мир при повышенной температуре (37°C до 96 часов, 100°C до 1 часа) не влияет на МИК исследованных образцов. Показано подавление роста растворами хитозана исследованных микроорганизмов.

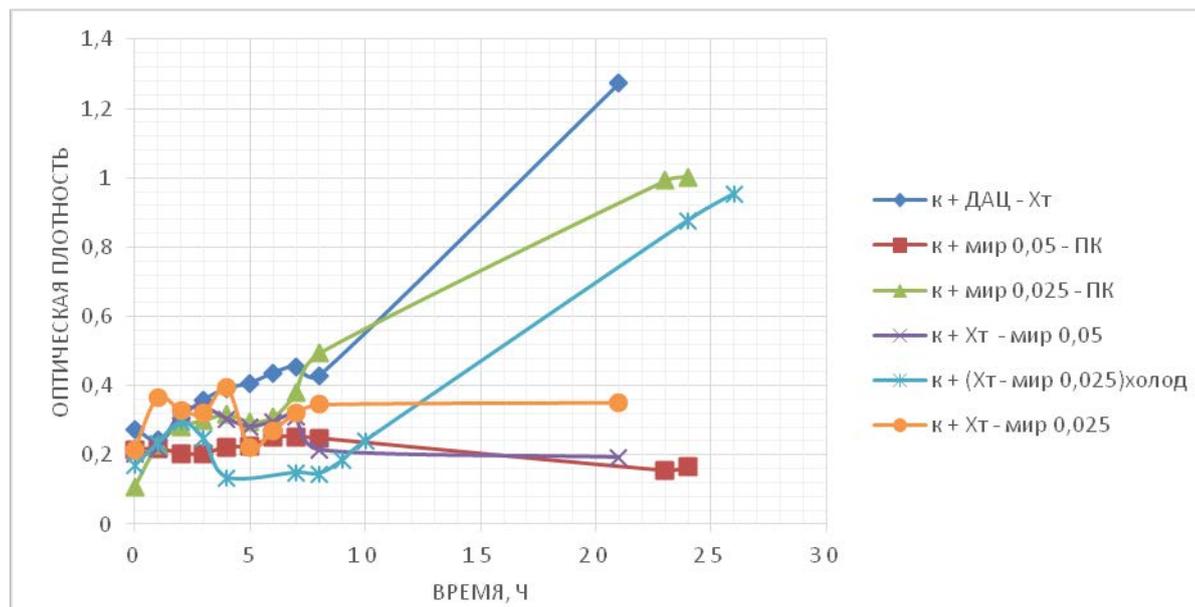


Рисунок Кинетика роста *E.coli* при добавлении двухкомпонентных препаратов

Изучено влияние добавок мирамистина в лечебный препарат. Показано, что порядок прилива имеет значение. Добавление мирамистина не стабилизирует исследованные ферментные препараты, при высушивании, хранении или термоинактивации в растворе. До соотношения 0,25 мг мирамистина и менее на мг фермента, падение активности незначительно. Установлены минимальные ингибирующие концентрации мирамистина для культур стафилококка и кишечной палочки. Добавление мирамистина способствует большему падению активности как при высушивании, так и при хранении препарата

Список литературы

1. Ефименко Н.А., Лысенко М.В., Стернин Ю.И., Новожилов А.А., Кнорринг Г.Ю. Протеолитические энзимы в хирургии: исторические аспекты и современные представления о применении // Русский медицинский журнал, 2011, №5.-С.368-375.
2. Белов А.А. Разработка промышленных технологий получения новых медицинских материалов на основе модифицированных волокнообразующих полимеров, содержащих биологически активные белковые вещества. Дисс. на соис. ученой степ. доктора технич. наук М.: РХТУ. 2009. С.385.
3. Досадина Э.Э., Бркич Л.Л., Пятигорская Н.В. и др. Использование хитозана в качестве носителя протеиназ и мирамистина для получения ферментсодержащего геля //Бутлеровские сообщения. 2016.Т.48.№10.с.49-59.
4. Кривошеин Ю.С., Рудько А.П., Свистов В.В., Смирнов И.В. Мирамистин – антисептик широкого спектра действия //Рецепт», 2006, № 3 (47), с.105-106.
5. В Калининграде полным ходом идет строительство дополнительного цеха по производству фарм субстанций методом тонкого органического синтеза //Разработка и регистрация лекарственных средств 2017 № 3 (20), С.10-13.
6. Савельева Е. Е., Досадина Э. Э., Бркич Л. Л. и др. Хитозансодержащие композиты протеиназ //Хим. пром. сегодня, 2017, №6, с. 32-42.

УДК 615.2/.3.032.

Сахаров Д.А., Аверина Ю.М., Курбатов А.Ю.

МЕТОДИКИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР ГЭБ

Сахаров Дмитрий Андреевич – к.б.н., доцент кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии;

Аверина Юлия Михайловна – к.т.н., доцент каф. ИМиЗК, e-mail: averinajm@mail.ru;

Курбатов Андрей Юрьевич – к.т.н., ассистент кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
125190, Москва, Миусская пл., 9

В данной работе были разработаны методики анализа состояния клеточных культур ГЭБ. Были использованы методы ПЦР и микроскопии для исследования характеристик клеточных культур, входящих в коллекцию. По результатам ПЦР и иммунофлуоресцентного анализа, клетки, выбранные для формирования микрофлюидной клеточной модели ГЭБ, обладают ярко выраженной экспрессией всех характерных маркеров.

Ключевые слова: клеточная модель гемато-энцефалического барьера человека, микрофизиологическая модель, гэб-на-чипе, транспорт ксенобиотиков

METHODS OF ANALYSIS OF THE STATE OF CEB CEBS

Sakharov D.A., Averina Yu.M., Kurbatov A.Yu.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

In this work, methods for analyzing the state of BBB cell cultures were developed. PCR and microscopy methods were used to study the characteristics of the cell cultures included in the collection. According to the results of PCR and immunofluorescence analysis, the cells selected for the formation of the microfluidic BBB cell model have a pronounced expression of all characteristic markers.

Keywords: cell model of the human blood-brain barrier, microphysiological model, heb-on-chip, xenobiotic transport

Гемато-энцефалический барьер (ГЭБ) служит в качестве физического, функционального, метаболического и иммунологического барьера между кровью и тканями головного мозга. Такой барьер регулирует пассивный и активный транспорт веществ из капилляров в мозг и обратно. Относительно недавно был разработан новый класс *in vitro* моделей: органы-на-чипе, которые совмещают в себе преимущества как *in vivo*, так и *in vitro* моделей. Эти так называемые чипы - это микрофлюидные устройства, в которых ткани культивируются в таких спроектированных условиях, которые наилучшим образом отражают *in vivo* микроокружение этих тканей. Такое физиологически релевантное микроокружение может быть получено с помощью микрофлюидного устройства, если создать в нем геометрические, механические и биохимические особенности *in vivo* микроокружения. С помощью ГЭБ-на-чипе можно анализировать наличие специфических маркеров (например, белков адгезии и плотных контактов) для получения информации о структуре сформированного ГЭБ, а также изучать транспорт ксенобиотиков через ГЭБ.

Модели ГЭБ-на-чипе могут быть использованы для изучения сложных биологических процессов, совмещать в себе преимущества *in vitro* и *in vivo* моделей, обладать высокой предсказательной силой, и быть ценным исследовательским инструментом в дополнение к классическим *in vitro* и *in vivo* методам.

В данной работе были разработаны методики анализа состояния клеточных культур ГЭБ. Были использованы методы ПЦР и микроскопии для исследования характеристик клеточных культур, входящих в коллекцию (таблица 1, рисунок 1). По результатам ПЦР и иммунофлуоресцентного анализа, клетки, выбранные для формирования микрофлюидной клеточной модели ГЭБ, обладают ярко выраженной экспрессией всех характерных маркеров: клетки эндотелия микрососудов головного мозга iPS-EC, дифференцированные из плюрипотентных стволовых клеток IMR90-4, обладают ярко выраженной экспрессией vFW, CD31, ZO1, GLUT1, BCRP, MDR1; иммортализованные перicytes сосудов головного мозга imHBVP - ярко выраженной экспрессией α SMA, PDGFR β ; иммортализованные астроциты fNA-hTERT - ярко выраженной экспрессией GFAP, S100 β , A2B5, O4.

Таблица 1. Иммунофлуоресцентный анализ клеток в составе *in vitro* модели ГЭБ

“Эндотелиальная поверхность” мембраны с клетками эндотелия (ZO1/плотные контакты - красный) и перicyтами (α SMA - зеленый). Ядра окрашены DAPI - синий. Шкала - 20 мкм

“Паренхимная поверхность” мембраны с астроцитами (GFAP - красный; ядра - DAPI, синий). Шкала - 20 мкм

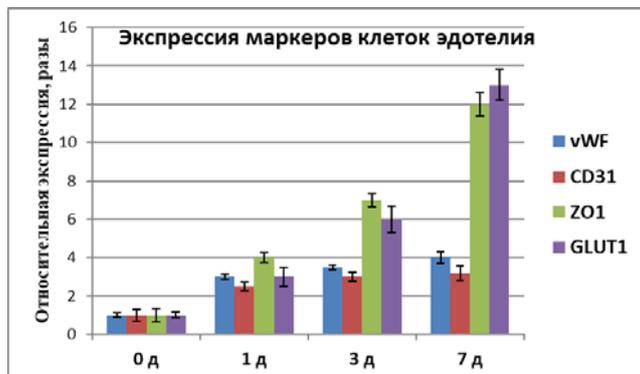
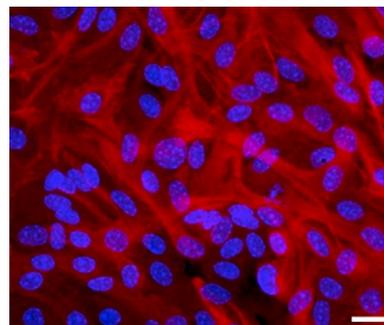
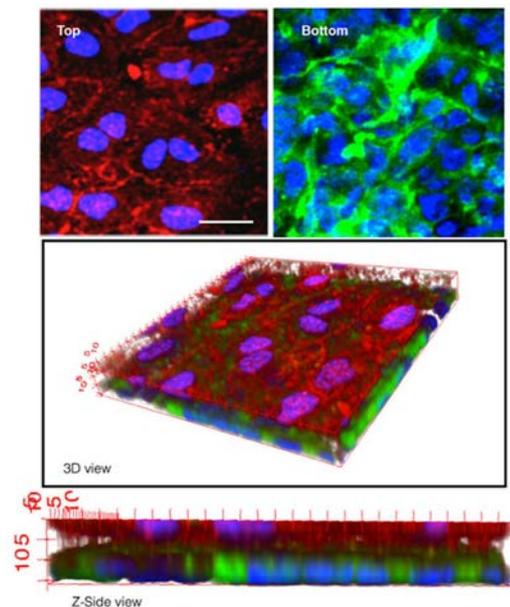


Рисунок 1. Анализ экспрессии генов характерных маркеров клеток микроваскулярного эндотелия головного мозга в клетках в составе клеточного барьера при их сокультивировании на мембранах с нанесенным ВКМ.

Анализ экспрессии проводили через 1, 3 и 7 дней после формирования клеточного барьера. В качестве контроля, за 1 принимали экспрессию маркеров в клетках в составе барьера через 4 часа после внесения в мембранные вставки астроцитов. Все эксперименты проводили в трех независимых повторах. Результаты представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития

научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по теме: «Клеточная модель гемато-энцефалического барьера человека в микрофлюидном устройстве». Государственный контракт от «18» октября 2017 г. № 14.583.21.0066

Список литературных источников:

- [1] B. Engelhardt and L. Sorokin, “The blood–brain and the blood–cerebrospinal fluid barriers: function and dysfunction,” *Semin. Immunopathol.*, vol. 31, no. 4, pp. 497–511, Nov. 2009.
- [2] R. N. Carter, S. M. Casillo, A. R. Mazzocchi, J.-P. S. DesOrmeaux, J. A. Roussie, and T. R. Gaborski, “Ultrathin transparent membranes for cellular barrier and co-culture models,” *Biofabrication*, vol. 9, no. 1, p. 015019, Feb. 2017.
- [3] C. Jud *et al.*, “Ultrathin Ceramic Membranes as Scaffolds for Functional Cell Coculture Models on a Biomimetic Scale.,” *Biores. Open Access*, vol. 4, no. 1, pp. 457–68, Dec. 2015.

УДК 628.543.1; 628.16.081

Фадеев А. Б., Кручинина Н. Е., Зайцева А. Д.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ

Фадеев Андрей Борисович – аспирант кафедры промышленной экологии

Кручинина Наталия Евгеньевна – д.т.н, проф., заведующая кафедрой промышленной экологии

Зайцева Александра Дмитриевна – студент группы Э – 43 кафедры промышленной экологии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Наибольший вклад в процессы поступления тяжелых металлов в гидросферу вносят сточные воды гальванического производства. В результате экспериментов были испытаны различные способы очистки сточных вод от процессов нанесения покрытий с использованием комплексных электролитов. Установлено, что наибольшей эффективностью обладают соединения железа (III). Коагулянты на основе соединений титана уступают по своей эффективности коагулянтам на основе соединений железа не более чем на 10 %, при этом эффективная доза титаносодержащих коагулянтов в среднем в 5 раз ниже. Доказано, что использование продвинутых окислительных технологий также позволяет эффективно очищать сточную воду от комплексных электролитов. На основании полученных данных предложена двухступенчатая технология очистки сточных вод от процессов с использованием комплексных электролитов. На первом этапе проводят коагуляцию соединениями титана или железа, с последующей доочистки воды до уровня ПДК с использованием окислительных технологий.

Ключевые слова: гальванопокрытия, сточные воды, комплексный электролит

CLEANING OF WASTE WATER FROM COMPLEX COPPER COMPOUNDS

Fadeev A. B., Krutchinina N. E., Zaitceva A. D.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The largest contribution to the processes of entry of heavy metals into the hydrosphere is made by the wastewater of electroplating. As a result of experiments, various methods of wastewater treatment from coating processes using complex electrolytes were tested. It is established that iron (III) compounds have the highest efficiency. Coagulants based on titanium compounds are less than 10% lower than coagulants based on iron compounds in their effectiveness, while the effective dose of titanium-containing coagulants is on average 5 times lower. It has been proven that the use of advanced oxidation technologies also makes it possible to effectively treat waste water from complex electrolytes. Based on the data obtained, a two-stage technology for wastewater purification from processes using complex electrolytes has been proposed. At the first stage, coagulation with titanium or iron compounds is carried out, with the subsequent purification of water to the level of the MPC using oxidative technologies.

Keywords : electroplating, wastewater, complex electrolyte

Любое современное производство стремится быть экологически чистым. Данная проблема особенно актуальна для гальванического производства, так как именно от участков нанесения гальванопокрытий образуются значительные объемы сточных вод, загрязненных ионами тяжелых металлов, щелочами и кислотами. Концентрации тяжелых металлов в таких стоках значительно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). Важной задачей при проектировании любого производства стоит вопрос минимизации количества образующихся отходов, а также вопрос организации возврата очищенной воды обратно в технологический процесс. [1]

В настоящее время в процессах нанесения гальванопокрытий широкое распространение получили комплексные электролиты (далее КЭ) меди, хрома, серебра, золота, цинка и других металлов. КЭ имеют ряд технологических преимуществ по сравнению с обычными электролитами, так, например, – из раствора КЭ

возможно получение покрытие с мелкокристаллической структурой, а сам раствор КЭ обладает высокой рассеивающей способностью, что позволяет получать покрытия с равномерной толщиной даже на деталях сложной формы [2]. Несмотря на указанные преимущества, КЭ присущи определенные недостатки, основным из которых является сложность очистки образующихся сточных вод. Ввиду особенности химического состава, сточные воды производств с использованием КЭ не могут быть очищены традиционными методами. Так, например, нейтрализация осаднение металлов в виде нерастворимых гидроксидов (рН 8,0 – 10,0) будут неэффективны в отношении сточных вод, содержащих КЭ [1]. Именно поэтому разработка новых высокоэффективных схем очистки и регенерация сточных вод, содержащих КЭ – актуальная и перспективная задача.

Основной целью данной работы является разработка технологии очистки сточных вод процессов нанесения покрытий с использованием

КЭ меди. Одним из таких электролитов является комплекс Cu-NH_3 -тарtrat. Примерный состав электролита:

- Тартрат натрия ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{Na}_2$) - 180 – 220 г/л
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 40 – 60 г/л
- NH_4OH

Принимая во внимание данные о составе, был приготовлен модельный раствор аммиачно – тарtratного комплекса меди с содержанием ионов Cu^{2+} - 100 мг/л и pH 10,0.

На первом этапе экспериментов проведена оценка эффективности очистки сточных вод, содержащих КЭ следующими методами:

–Физико-химический метод - обработка модельной системы с использованием реагентов-осадителей (коагулянтов на основе соединений Al, Fe);

–Окислительные методы – основанные на разрушении органической основы комплекса и перевода соединений меди в не растворимые гидроксиды с последующим их осаждением.

Физико-химический метод

Модельную воду обрабатывали водными растворами различных коагулянтов. В качестве исходных образцов коагулянтов были взяты [3, 4]:

- сульфат алюминия,
- хлорид железа(III)
- сульфат железа (II)

Процесс пробной коагуляции проводили на лабораторном флокуляторе фирмы VELP: время быстрого смешения – 2 минуты, фаза хлопьеобразования – 8 минут, отстаивание в течении 30 минут, фильтрация пробы через мембранный фильтр «Владипор». Данные по остаточному содержанию ионов меди в модельной воде, после обработки различными реагентами представлены в таблице 1.

Таблица № 1.

Эффективность очистки модельной воды с использованием коагулянтов

№	Доза (г/л)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	FeSO_4	FeCl_3
1	0,080	95,4	89,5	99,5
2	0,016	92,6	85,8	93,0
3	0,032	91,8	85,4	85,6
4	0,048	91,4	79,4	68,9
5	0,064	89,7	68,9	64,4
6	0,080	88,8	64,8	65,5
7	0,096	88,2	63,9	66,5
8	0,112	87,9	59,8	63,8
9	0,128	87,6	55,8	61,2
10	0,144	87,2	48,3	60,1
11	0,160	84,2	43,6	59,1
12	0,176	81,2	38,4	58,9
13	0,200	79,2	36,9	58,0
14	0,224	75,2	35,3	58,3
15	0,240	71,2	34,3	57,9
16	0,256	67,2	34,2	58,1

Из данных таблицы 1 видно, что наибольшая эффективность достигается при использовании соединений железа.

Очень часто для очистки сточных вод гальванических производств используют процесс электрокоагуляции. Основным достоинством данного метода очистки является одновременное протекание процессов анодного растворения электрода, переход коагулянта в раствор и протекание процессов анодного окисления органических соединений выделяющимся кислородом.

Процесс проводился в следующих условиях: сила ток 2,5 А, напряжение 8 В, плотность тока 10 А на дц^2 , время 5 минут, после чего воду отстаивали в течение 30 минут, фильтровали и отбирали пробу на анализ. Эффективность очистки в процессе электрокоагуляции составила 99 % (остаточная концентрация ионов меди – 0,19 мг/л).

Окислительные методы.

Для проведения экспериментов отбиралась проба модельной воды объемом 100 мл с концентрацией ионов меди 100 мг/л. В качестве исследуемых реагентов были выбраны [5-7]:

- H_2O_2 (3%),
- H_2O_2 (3%) совместно с FeSO_4 (5%),
- HClO (70 г/л),
- HClO 70 г/л совместно с H_2O_2 (3%),
- TiO_2 (50 мг/л).

Модельный раствор смешивали с выбранным реагентом в течение 5 минут, после чего часть пробы пропускали через УФ-установку (123 нм, 10 мл/мин) и проводили определение остаточной концентрации ионов меди на спектрофотометре DR 2800 (HACH USA). Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Эффективность очистки с использованием окислительных технологий

№ п.п	Используемый реагент	Остаточная концентрация Cu^{2+} , мг/л	Эффективность очистки, %
1.	H_2O_2	96,2	3,8
2.	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{УФ}$	96,2	3,8
3.	$\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$	9,6	90,4
4.	$\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{УФ}$	1,3	98,7
5.	HClO	52,6	47,4
6.	$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O}_2$	2,4	97,6
7.	$\text{TiO}_2 + \text{УФ}$	81,1	18,9
8.	Озон	1,1	98,9
9.	УФ	97,7	2,3

Из данных таблицы видно, что все предложенные окислительные методы позволяют эффективно удалять комплексные соединения меди из модельной воды. Среди исследованных технологий наиболее целесообразно применять процесс Фентона в сочетании с УФ обработкой воды, а также озонирование в щелочной среде.

Из полученных в результате эксперимента данных можно сделать вывод, что наиболее целесообразно проводить двухступенчатую очистку воды с использованием на первом этапе очистки физико-химических методов (коагуляция/электрокоагуляция), с последующей доочисткой методами окислительной деструкции. В качестве коагулянтов наиболее целесообразно использовать соединений железа, ввиду их низкой стоимости и высокой эффективности, а для процесса доочистки наиболее предпочтительно озонирование.

Список использованной литературы

1. Виноградов С.С. «Экологически безопасное гальваническое производство» Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева.– Изд. 2-е, перераб. и доп.; "Глобус". М., 2002. – 352 с.
2. Пурин Б.А, Цера В.А., Озола Э.А., Витиня И.А «Комплексные электролиты в гальванотехнике» – Рига: Лиесма, 1978. – 267 с.
3. Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков Использование коагулянтов на основе хлоридов титана и кремния в процессах очистки
4. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М., Науч. изд. 2005. 576 с.
5. Ana Gabriela Alcalá-Delgado, Violeta Lugo-Lugo, Ivonne Linares-Hernández, Verónica Martínez-Miranda, Rosa María Fuentes-Rivas, Fernando Ureña-Nuñez, Industrial wastewater treated by galvanic, galvanic Fenton, and hydrogen peroxide systems Journal of Water Process Engineering, 22(Water Res. 46 2012), 1-12, 2018 <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.01.001>
6. P.V. Nidheesh, R. Gandhimathi, Trends in electro-Fenton process for water and wastewater treatment: an overview, Desalination 299 (2012) 1–15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2012.05.011>.
7. A.R.A. Aziz, P. Asaithambi, W.M.A.B.W. Daud, Combination of electrocoagulation with advanced oxidation processes for the treatment of distillery industrial effluent, Process Saf. Environ. Prot. 99 (2016) 227–235, <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2015.11.010>.

УДК 628.543.1; 628.16.081

Хаердинова А. Р., Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е., Любушкин Т. Рубин Е.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ КОАГУЛЯНТОВ

Хаердинова Арина Романовна – студент группы Э - 41 кафедры промышленной экологии

Кузин Евгений Николаевич – к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии

Кручинина Наталия Евгеньевна – д.т.н, проф., заведующая кафедрой промышленной экологии

Любушкин Тимофей Геннадьевич – студент группы Э-21 кафедры промышленной экологии

Рубин Егор Максимович – студент группы Э-23 кафедры промышленной экологии

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

Сточные воды процессов добычи и переработки нефти являются серьезной проблемой. Повторное использование подобных вод в процессах нефтедобычи зачастую затруднено из-за высоких содержаний эмульгированных нефтепродуктов и взвешенных веществ. Применение комплексных коагулянтов может стать эффективным решением проблемы очистки подобных стоков. Проведена сравнительная оценка эффективности традиционного сульфата алюминия в сравнении с перспективными титановыми коагулянтами. Определено, что наиболее предпочтительно использование в качестве модифицирующей добавки титанилсульфата. В результате экспериментов установлено, что эффективность очистки модельной воды от нефтепродуктов и взвешенных веществ при использовании комплексных коагулянтов достигает 70 и 98 % соответственно.

Ключевые слова: сточные воды, комплексный коагулянт, нефтедобыча

CLEANING OF WASTE WATER OIL PRODUCTION USING COMPLEX COAGULANTS

Khaerdinova A. R., Kuzin E. N., Krutchinina N. E. Lubushkin T. G., Rubin E. M.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Wastewater from the extraction and processing of oil is a serious problem. The reuse of such waters in oil production processes is often difficult due to the high content of emulsified petroleum products and suspended solids. The use of complex coagulants can be an effective solution to the problem of cleaning such drains. A comparative evaluation of the effectiveness of traditional aluminum sulfate in comparison with promising titanium coagulants. As a result of the experiments, it was established that the efficiency of purification of model water from oil products and suspended substances using complex coagulants reaches 70 and 98%, respectively. It has been established that it is most preferable to use titanil sulfate as a modifying additive.

Keywords : sewage, complex coagulant, oil production

Нефтедобывающая промышленность является развитой отраслью и одним из основных источников загрязнения биосферы. В процессах добычи и первичной подготовки нефти образуется большое количество сточных вод с высоким содержанием нефтепродуктов (100 – 15000 мг/л) и взвешенных веществ (до 5 г/л), а также высоким содержанием (более 20 г/л). Сброс подобных вод в окружающую среду оказывает существенное влияние на ее экологическое состояние. Повторное использование подобных стоков в процессах нефтедобычи зачастую затруднено, ввиду высокого их загрязнения эмульгированными нефтепродуктами и взвешенными веществами [1].

Одним из наиболее распространенных методов очистки оборотной воды является коагуляция в сочетании с отстаиванием или флотацией [2]. Традиционно для очистки сточных вод нефтедобывающей промышленности используют сульфат алюминия, однако данный реагент недостаточно эффективен и имеет ограниченный рабочий диапазон рН [3].

Основной целью данной работы является оценка возможности использования соединений титана в качестве коагулянтов в процессах очистки модельной воды. Для достижения поставленной цели исследовано влияние различных форм продуктов гидролиза соединений титана (далее ПГСТ) и массовых соотношений солей титана и алюминия на эффективность очистки.

Измерение массовой концентрации нефтепродуктов в сточных водах выполняли спектрофотометрическим методом на портативном концентратометре КН-2М с экстракцией на четыреххлористом углероде. Определение содержания взвешенных веществ проводили на портативном турбидиметре HANNA HI 98703.

В качестве исследуемых образцов коагулянтов были выбраны сульфат алюминия ($Al_2(SO_4)_3$), оксисульфат ($TiOSO_4$) и хлорид титана ($TiCl_4$), а также образцы комплексных коагулянтов. Образцы комплексных коагулянтов получали введением ПГСТ в водные растворы сульфата алюминия. Содержание ПГСТ в растворах варьировалось от 2,5

до 10 масс. % от массы коагулянта (в пересчете на сумму оксидов).

Модельный раствор готовили растворением солей (хлориды, сульфат и карбонат натрия/кальция) растворяли в 5 литрах теплой воды (50°C) при интенсивном перемешивании в течение 20 минут с последующим диспергированием навески нефти ($\approx 0,5$ г «Бакинская нефть»). Полученный в результате модельный раствор имел концентрацию нефтепродуктов ≈ 100 мг/л и pH $\approx 7,1$.

Пробную коагуляцию проводили на лабораторном флокуляторе VЕLP ScientificaFC4S. Время быстрой коагуляции – 2 минуты, медленная коагуляция (хлопьеобразование) – 8 минут, отстаивание в течение 30 минут.

На первом этапе была определена эффективная доза сульфата алюминия, при которой достигается максимально возможная эффективность очистки от взвешенных веществ (Рисунок 1).

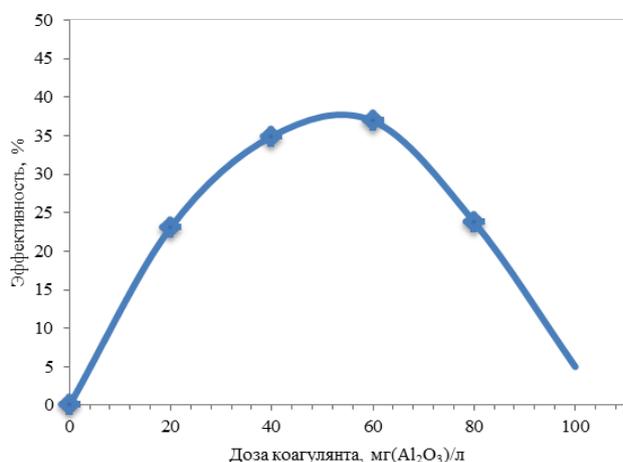


Рисунок 1. Эффективность очистки модельной воды сульфатом алюминия

Из данных рисунка 1 видно, что максимальная эффективность очистки достигается при дозе коагулянта 60 мг/л и составляет 38 %. Снижение эффективности очистки при дальнейшем увеличении дозы коагулянта можно объяснить явлениями перезарядки частиц гидроксида алюминия.

На следующем этапе эксперимента была подобрана оптимальная доза титансодержащих коагулянтов, показавших высокую эффективность в процессах очистки сточных вод сложного состава [4-6]. Данные по эффективности очистки модельной воды от взвешенных веществ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Эффективность очистки модельной воды с использованием солей титана.

Доза коагулянта, мг по TiO ₂ /л	Эффективность очистки, %	
	TiOSO ₄	TiCl ₄
20	45,7	68,7
40	42,9	73,5
60	60,0	72,3
80	51,4	78,3

Из данных таблицы 1 видно, что при использовании в качестве коагулянта TiCl₄ удается достигнуть эффективности очистки 80 %; при использовании TiOSO₄ максимальная эффективность очистки составила 60 %. Снижение эффективности очистки при дальнейшем увеличении дозы TiOSO₄ объясняется увеличением отрицательного заряда на поверхности частиц гидроксида титана и стабилизацией коллоидной системы. Повышенная эффективность комплексных реагентов обусловлена специфическими явлениями гидролиза соединений титана, поликонденсации соединений титана [7], а также явлениями зародышеобразования на поверхности образующихся коллоидных частиц гидроксидов титана [8]. На основании предварительных расчетов использование чистых соединений титана в качестве коагулянта экономически нецелесообразно ввиду их высокой стоимости.

Заключительным этапом исследований стало определение эффективности очистки модельной воды от нефтепродуктов и взвешенных веществ с использованием образцов комплексных коагулянтов (сульфат алюминия, модифицированный продуктами гидролиза соединений титана). Данные по эффективности очистки от взвешенных веществ представлены в таблице 2, а от нефтепродуктов – рисунке 2.

Таблица 2.

Эффективность очистки модельной воды от взвешенных веществ

Добавка соединений титана %, масс. по TiO ₂	Эффективность очистки, %	
	Al ₂ (SO ₄) ₃ + TiCl ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃ + TiOSO ₄
2,5	42,7	60,9
5	56,1	73,9
7,5	64,1	76,5
10,0	69,5	18,3

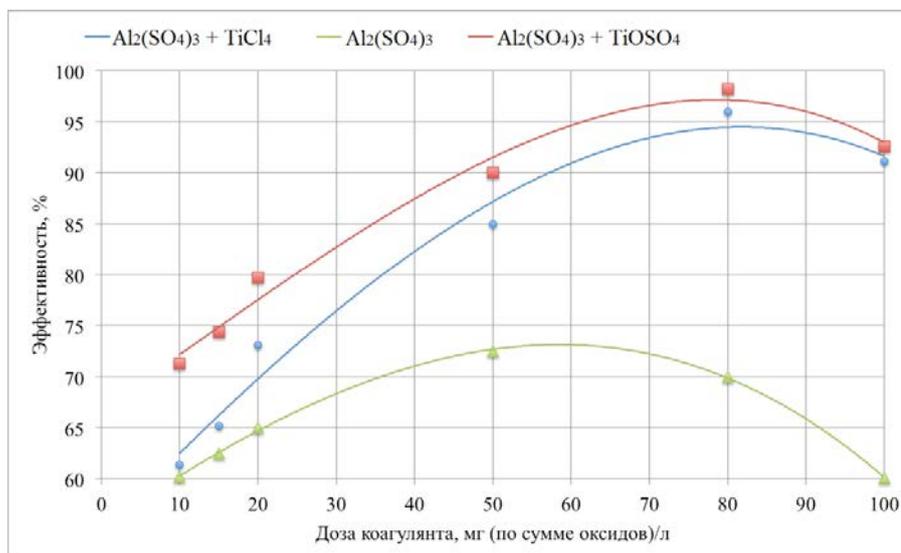


Рисунок 2. Эффективность очистки воды от нефтешлаков.

Из данных таблицы 2 и графика 2 видно, что применение комплексных коагулянтов позволяет в 2,0 – 2,5 раза повысить эффективность очистки модельной воды от взвешенных веществ и нефтешлаков по сравнению с чистым сульфатом алюминия. С учетом того, что добавка ПГСТ не превышает 10 % масс., стоимость КК возрастет незначительно.

Список использованной литературы

1. Обрядчиков С.Н. Технология нефти. Часть 2. 3-е изд., перераб. и доп. – Москва-Ленинград, Гостехиздат, 1952. – 408 с.
2. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтешлаков. – М.: Ленинград, Недра, 1983. – 263 с.
3. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами М.: Наука, 1977. — 356 с.
4. Y. Zhao, B. Gao, H. Shon, B. Cao, J.H. Kim, Coagulation characteristics of titanium (Ti) salt

coagulant compared with aluminum (Al) and iron (Fe) salts, *J. Hazard. Mater.*, 185 (2011) P. 1536-1542 DOI:10.1016/j.jhazmat.2010.10.084.

5. Н. Е. Кручинина, Е. Н. Кузин, С. В. Азопков Использование коагулянтов на основе хлоридов титана и кремния в процессах очистки фильтрата полигона твердых коммунальных отходов // *Химическая промышленность сегодня – Москва: Изд-во «Химпром сегодня»*, 2017. № 8. С. 36 – 40.

6. Zhao, Y., S. Phuntsho, B. Gao, et al., Preparation and Characterization of Novel Polytitanium Tetrachloride Coagulant for Water Purification, *Environ. Sci. Technol.* 47 (2013) P. 12966-12975 DOI: 10.1021/es402708v.

7. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие // М.: ИКЦ «Академкнига». -2007. - 309 с.

8. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М., Науч. изд. 2005. 576 с.

УДК 621.899

Чуприна А.П., Костылева Е.В., Аржиновская Н.В.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ОГНЕСТОЙКОГО ТУРБИННОГО МАСЛА НА ОСНОВЕ ТРИКСИЛЕНИЛФОСФАТОВ

Чуприна Александра Павловна, студентка 1 курса магистратуры факультета биотехнологии и промышленной экологии, e-mail: alexandra.chu82@gmail.com;

Костылева Елена Валерьевна, к.х.н., доцент кафедры промышленной экологии.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20.

Аржиновская Наталья Валерьевна, заместитель руководителя ИЦ «Теплотехник» ОАО «Всероссийский теплотехнический институт».

115280, Москва, ул. Автозаводская, д.14.

В работе представлены результаты исследования контактной адсорбционной и щелочной регенерации отработанных огнестойких турбинных масел на основе триксиленилфосфатов. Показана возможность снижения кислотного числа отработанного масла до приемлемых для использования значений.

Ключевые слова: регенерация масел; щелочная регенерация масел; адсорбционная регенерация масел; контактная регенерация масел; кислотное число.

RECOVERY OF WASTE FLAME-RESISTANT TURBINE OIL BASED ON TRIXYLENYL PHOSPHATE

Chuprina A.P., Kostyleva E.V., Arzhinovskaya N.V.*

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

* ALL-RUSSIA THERMAL ENGINEERING INSTITUTE, Moscow, Russia

Presented the results of research focused on recovery of waste flame-resistant turbine oil containing trixylenyl phosphate using alkali refining and contact adsorption techniques. Demonstrated possibility of reducing the waste oil acid number to the acceptable levels.

Keywords: oil regeneration; alkali refining; regenerative adsorption; contact regeneration; acid number.

Турбинные масла используют для смазки трущихся деталей и механизмов турбокомпрессоров и турбин (паровых и водных) и как рабочую жидкость в циркуляционных системах других аппаратов. От качества используемых смазочных материалов напрямую зависит сохранность турбин и надежность их работы – именно смазки обеспечивают долговечность турбоузлов и подшипников.

В процессе длительной эксплуатации турбоагрегатов залитое в их системы смазывания масло претерпевает глубокие изменения. Эти изменения, называемые «старением», приводят к потере его эксплуатационных свойств. Тремя основными причинами ухудшения качественных характеристик турбинного масла можно назвать загрязнение механическими примесями, окисление и обводнение масла, которые в большинстве случаев тесно взаимосвязаны и влияют друг на друга [1].

В связи с этим поиск методов восстановления рабочих свойств турбинных масел, их регенерации по завершению срока службы является весьма актуальным. Выбор метода регенерации зависит от качества масла, идущего на восстановление, нормативных требований, предъявляемых к качеству смазки для использования в турбинах, характера и продуктов старения.

Огнестойкие синтетические турбинные масла предназначены для использования вместо опасных в пожарном отношении горючих нефтяных турбинных масел. В настоящее время нашли применение, главным образом, масла на основе триарилфосфатов.

В данной работе была проведена оценка возможности регенерации отработанного турбинного масла марки Fyrquel-L, предоставленного ОАО «ВТИ». Fyrquel-L представляет собой самозатухающую (огнестойкую) синтетическую безводную жидкость на основе триксиленилфосфатов, используемую в качестве смазки паровых турбин [2].

Основным показателем износа смазочных жидкостей является повышение его кислотного числа (КЧ). Кислотное число - свойство, которое отвечает за линейное распределение концентрации кислотных компонентов, которые присутствуют в жидкости. Оно показывает сколько миллиграммов гидроксида калия необходимо для нейтрализации 1 грамма масла (мг КОН/г). Степень регенерации турбинного масла оценивалась по изменению кислотного числа в соответствии с [3].

Кислотное число свежего масла марки Fyrquel-L составляло 0,02 мг КОН/г масла, исследованного отработанного масла – 0,98 мг КОН/г масла.

Согласно [1,4], основными методами снижения кислотного числа смазочных жидкостей являются адсорбционная (перколяционная, контактная, противоточная) и щелочная регенерации. В данной работе была исследована адсорбционная регенерация контактным способом. В качестве сорбентов были использованы: силикагель КСКГ, силикагель L 40/100 и бентонит. Так как силикагель марки КСКГ представлен гранулами довольно крупного размера, то с целью повышения эффективности (за счёт

увеличения площади контакта) была использована измельчённая фракция этого материала.

Контактную адсорбционную регенерацию проводили при следующих условиях: перемешивание 240 об/мин, температура 75 °С, время контакта – 2 часа, соотношение масса масла:масса сорбента 10:1. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Эффективность использования сорбентов при контактной адсорбционной регенерации отработанного масла Fyrquel-L

Сорбент	Кислотное число испытуемой пробы, мг КОН/г	Степень очистки исследуемого масла, %
Бентонит	0,098	90,0
Силикагель КСКГ	0,40	59,18
Силикагель КСКГ изм.	0,205	79,08
Силикагель L 40/100	0,13	86,73

Как видно из таблицы, для регенерации турбинного масла лучшие результаты показал бентонит. Силикагель марки КСКГ в данных условиях работает менее эффективно. Также стоит отметить, что уменьшение размера фракций силикагеля марки КСКГ позволило значительно повысить его эффективность. Самым эффективным из исследуемых силикагелей является силикагель марки L40/100 с наиболее мелким размером фракций (до 100 мкм). В результате испытаний была достигнута высокая степень очистки исследуемого масла, однако ни один из сорбентов так и не позволил добиться изначальных значений кислотности.

Для исследования возможности повышения степени очистки при контактной адсорбции была проведена последовательная адсорбция с использованием бентонита в качестве сорбента первой стадии и силикагелей КСКГизм. и L 40/100 для второй (таблица 2). Можно видеть, что контактная адсорбция в несколько стадий позволяет достичь высокой степени очистки.

Таблица 2. Эффективность сочетания сорбентов при последовательной контактной адсорбционной регенерации отработанного масла Fyrquel-L

Сорбенты по стадиям	Кислотное число испытуемой пробы, мг КОН/г	Степень очистки исследуемого масла, %
1.Бентонит 2.КСКГизм.	0,04	95,92
1.Бентонит 2. СГ L 40/100	0,07	92,86

Для восстановления эксплуатационных свойств отработанного масла с высоким показателем кислотного числа наиболее применима щелочная регенерация. Реагентами для проведения щелочной регенерации обычно являются водные растворы гидроксида натрия, карбоната натрия, тринатрийфосфата. Заключительной стадией

щелочной регенерации является адсорбционная очистка, которую проводят для удаления избытка влаги после промывки.

Щелочную очистку масла проводили по следующей методике. Навеску отработанного масла помещали в мерный стакан и нагревали до 80°С на песчаной бане. При непрерывном перемешивании в стакан с маслом вводили заданный объём водного раствора щелочного реагента. Смесь перемешивали при температуре 80°С в течении 1 часа со скоростью 240 об/мин. Затем отработанное масло отстаивали в той же ёмкости при подогреве. Отстоявшееся масло при перемешивании промывали нагретой до 75°С водой в течении 5 минут и отстаивали 10 минут до полного отделения водной фазы. Далее водную фазу удаляли. Промывку повторяли ещё 2 раза до нейтрального значения рН. Первую промывку проводили подкисленной водой для удаления и предотвращения образования эмульсии. Для удаления оставшейся воды в ёмкость с нейтрализованным маслом добавляли заданную навеску адсорбента, перемешивали и отстаивали до полного удаления воды. Щелочной реагент добавляли в 3-х кратном избытке по сравнению со стехиометрическим соотношением. Расход воды на одну промывку составлял 20% от массы масла на регенерацию.

Лучший результат по снижению кислотного числа показала обработка масла 4% водным раствором гидроксида натрия (таблица 3). При его использовании наблюдалось заметное осветление исследуемого масла после обработки по сравнению с исходной пробой отработанного масла и масла после регенерации другими реагентами. Использование на стадии адсорбционной доочистки бентонита позволило еще больше увеличить степень очистки масла и понизить кислотность до значения ниже чем, для свежего турбинного масла.

Таблица 3. Эффективность реагентов для щелочной регенерации отработанного масла Fyrquel-L

Реагент	Кислотное число испытуемой пробы, мг КОН/г	Степень очистки исследуемого масла, %
Na ₂ CO ₃ 5% + КСКГ	0,089	90,92
Na ₃ PO ₄ 5% + КСКГ	0,050	94,89
NaOH 4% + КСКГ	0,026	97,35
NaOH 4% + бентонит	0,009	99,08

Метод щелочной регенерации был также апробирован на образце отработанного огнестойкого масла на основе триксиленилфосфатов Reolube - ОМТІ с высоким кислотным числом. Условия эксперимента были те же, но в качестве адсорбента был использован силикагель КСКГ другой партии. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Щелочная регенерация отработанного масла Reolube ОМТИ

Реагенты	Кислотное число исходного образца, мг КОН/г	Кислотное число испытуемой пробы, мг КОН/г	Степень очистки, %
1. NaOH 4% 2. Бентонит	2,30	0,015	99,35
1. NaOH 4% 2. КСКГ	2,30	0,015	99,35

Результаты определения кислотного числа пробы масла Reolube – ОМТИ после щелочной регенерации (таблица 4) указывают на почти полное удаление кислых продуктов старения как при использовании на заключительной стадии бентонита, так и силикагеля.

Таким образом, по результатам экспериментов установлена возможность применения исследованных методов для снижения кислотного числа отработанного масла, однако пока не исследованы изменения других качественных показателей продукта.

Список литературы

1. Ковальский Б. И. Современные методы очистки и регенерации отработанных смазочных масел: препринт/ Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Л. А. Фельдман, А. В. Юдин, О. Н. Петров. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2011. – 104 с.
2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fyrquel.com/ru/>.
3. РД 153-34.1-43.106.2001. Типовая инструкция по приемке, хранению и эксплуатации огнестойких турбинных масел типа ОМТИ.- М.: ОАО «ВТИ», 2002. - С. 24-26.
4. ГОСТ Р 56828.27-2017. Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Методология обработки отходов в целях получения вторичных материальных ресурсов. – М.: Стандартиформ, 2017. –С. 5-9, 21-22.

**Российский химико-
технологический
университет
имени Д.И. Менделеева**



При поддержке

**Российского химического
общества им. Д. И. Менделеева**



ООО «БИНАКОР-ХТ»



Научное издание

УСПЕХИ В ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Том XXXIII

№ 5 (215)

Компьютерная верстка: Зверева О.В.
Текст репродуцирован с оригиналов авторов

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Студенческое трансферное агентство разработок и технологий (С.Т.А.Р.Т)

Адрес университета: 125047, г. Москва,

Миусская пл., д. 9