

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФИЦ Пущинский научный центр биологических исследований РАН  
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов  
им. Г.К. Скрябина  
Пущинский Государственный Естественно-Научный Институт  
(ПушГЕНИ)  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Химико-технологический институт

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
СОВРЕМЕННОЙ  
БИОТЕХНОЛОГИИ**

**Всероссийская научная конференция  
с международным участием**

**Сборник докладов**

**(Белгород, 22–24 марта 2023 г.)**

**Белгород  
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФИЦ Пущинский научный центр биологических исследований РАН  
Институт биохимии и физиологии микроорганизмов  
им. Г.К. Скрябина  
Пущинский Государственный Естественно-Научный Институт  
(ПущГЕНИ)  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Химико-технологический институт

## АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Всероссийская научная конференция  
с международным участием

Сборник докладов

(Белгород, 22–24 марта 2023 г.)

Белгород  
2023

**УДК 60 (063)**  
**ББК 28.08**  
**A43**

*Редакционная коллегия:*

Д.О. Половнева  
Е.В. Локтионова

Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии: сб. докл. Всерос. науч. конф. с международным участием, Белгород, 22–24 марта, 2023 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 224 с.

ISBN 978-5-361-01182-7

Сборник содержит материалы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием «Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии» таких тематических направлений как: «Биотехнологии и охрана окружающей среды», «Биотехнологии в переработке отходов производства и потребления», «Биотехнологические процессы в промышленном и сельскохозяйственном производстве».

Публикуется в авторской редакции.

УДК 60 (063)  
ББК 28.08

ISBN 978-5-361-01182-7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2023

УДК 661.179

Исхакова Р.Я., к-т техн. наук, доц.,

Ибатуллина Д.Э., студент

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Казанский государственный энергетический  
университет", г.Казань, Россия)

## ОБЕЗВОЖИВАНИЕ И ДЕТОКСИКАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Аннотация: В настоящее время вопрос утилизации и обезвреживания избыточного ила является актуальной задачей. В работе предлагается проводить центрифугирование избыточного активного ила совместно с карбонатным шламом водоподготовки ТЭС для снижения его влажности. Также карбонатный шлам выступает реагентом для детоксикации тяжелых металлов, присутствующих в избыточном активном иле.*

*Ключевые слова: центрифугирование, детоксикация, избыточный активный ил, карбонатный шлам, отходы производства.*

В настоящее время вопрос утилизации и обезвреживания избыточного активного ила является актуальной задачей. Избыточный активный ил является многотоннажным отходом, образующимся в процессе очистки сточных вод, образующийся в аэротенках в процессе биологической очистки. При этом необходимо поддерживать требуемый уровень активного ила в системе биологической очистки, так как его избыточное или недостаточное количество негативно сказывается на качестве очистки сточных вод. Активный ил выносится во вторичные отстойники и частично удаляется для поддержания баланса в системе. По этой причине разработка подходов к дальнейшей его утилизации является актуальной задачей.

Активный ил представляет собой сложную систему живых организмов, связанных между собой метаболическими и трофическими процессами. Несмотря на то, что активный ил относится к IV классу опасности и не обладает значительной патогенностью, в отходе зачастую присутствуют болезнетворные микроорганизмы и яйца гельминтов. Вопросы обезвреживания активного ила являются актуальными как при возврате его в систему очистки сточных вод, так и при утилизации избыточного активного ила. Токсичными веществами, накапливающимися в активном иле, также являются тяжелые металлы. Тяжелые металлы не подвержены

трансформации в окружающей природной среде и способны аккумулироваться в активном иле и прочих микроорганизмах. Также существует проблема, связанная с высокой обводненностью активного ила.

По этой причине в исследовании предлагается использовать карбонатный шлам водоподготовки тепловых электрических станций (ТЭС) для повышения влагоотдачи материала. Проведены экспериментальные исследования на лабораторной центрифуге, позволяющие оценить влагоотдачу избыточного активного ила и активного ила, смешанного с карбонатным шламом при дозировании в количестве 600 мг/л.

В лабораторных экспериментах использовали осадок вторичных отстойников очистной станции со следующими характеристиками: влажность необработанного активного ила составляла 98 %, после стадии отстаивания под действием гравитационных сил – 96 %, плотность – 1,21 г/см<sup>3</sup>, зольность – 13 %. Для повышения влагоотдачи применяли карбонатный шлам водоподготовки ТЭС.

В центрифугу загружали два типа осадка и суспензию подвергали разделению в течение 3 минут при скорости вращения 1000 об/мин.

В результате экспериментальных данных установлено, что влажность чистого активного ила снижается до 82 %, в то время как влажность активного ила, перемешанного с карбонатным шламом составляла 65%. Таким образом, эффективность обезвоживания при дозировании карбонатного шлама повышается на 17%. Такой результат достигается благодаря жесткой структуре шлама, которая способствует разрыву гидратных оболочек активного ила и повышает влагоотдачу избыточного активного ила.

В настоящее время известны способы детоксикации АИ солями кальция и магния [1]. Предлагается использовать карбонатный шлам для обезвреживания активного ила. В исследуемом иле определено присутствие тяжелых металлов с применением метода рентгено-флуоресцентного анализа: железа, меди, цинка, никеля.

Установлено, что происходит накопление двухвалентных металлов. Так как карбонатный шлам содержит также катионы кальция и магния, то тяжелые металлы, имея валентность равную двум проникают в клетки по тем же каналам, что и соли кальция и магния.

Исследованиями установлено, что при добавлении карбонатного шлама в количестве 600 мг на 1 л иловой суспензии (при дозе ила 5 г/дм<sup>3</sup>, pH 6,5, нормальных условиях) при аэрации и механическом перемешивании в течение 60 мин из возвратного активного ила

выделяются тяжелый металлов в водную фазу, замещаемые ионами кальция и магния (табл.1).

Таблица 1. Концентрации тяжелых металлов в твердой сухой фазе возвратного активного ила

Тяжелые металлы	Концентрация тяжелых металлов, мг/кг	
	В необработанном активном иле	После обработки карбонатным шламом
Fe <sup>2+</sup>	6,32 ± 0,01	2,21 ± 0,03
Cu <sup>2+</sup>	56,5 ± 1,8	13,8 ± 0,5
Zn <sup>2+</sup>	85,3 ± 0,7	21,8 ± 0,4
Ni <sup>2+</sup>	9,1 ± 0,2	2,3 ± 0,05

Катионы кальция и магния, выступают приоритетными за счет селективности микроорганизмов в питательной цепи к другим металлам, поэтому происходит одна из стадий внутриклеточного ионного обмена.

Таким образом, введение карбонатного шлама способствует обезвоживанию и детоксикации избыточного активного ила биологических очистных станций промышленных предприятий.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №18-79-10136 <https://rscf.ru/project/18-79-10136/>*

#### **Библиографический список**

1. Дрегуло А.М. Проблемы эколого-химической детоксикации активного ила и его использование в биологической очистке сточных вод.: автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук 03.02.08 - Экология. Петрозаводск, 2014. 16 с.

**УДК 666.97**

**Аль-Мамури Саад Кхалил Шадид, аспирант,**

**Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,**

**Сумской Д.А., канд. техн. наук, ст. преп.,**

**Дудин А.Д., аспирант**

*(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЕРМИКУЛИТА – ЦЕННЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ**

*Аннотация: Особенности природы вспученного вермикулита способствуют снижению плотности, обеспечивают требуемую прочность теплоизоляционных растворов при сжатии.*

*Ключевые слова: отходы производства вермикулита, вяжущие композиции, высокие прочностные показатели, теплоизоляция, низкая плотность*

Вспученный вермикулит отличается от других пористых заполнителей пластинчатым строением, малой прочностью, особо сильно развитой поверхностью, большим водопоглощением и значительной деформативностью. Куски вспученного вермикулита состоят из разделенных одна от другой воздушными прослойками пластинок толщиной 0,02...0,05 мм, объединенных в более крупные пластины, которые соединяясь между собой, образуют мелкие «гармошки». Поэтому истинная поверхность кусков вспученного вермикулита значительно больше, чем у других пористых заполнителей. Прочность кусков при сжатии перпендикулярно слоям составляет 0,15...0,3 кг/см<sup>2</sup>, а параллельно слоям 0,5...0,9 кг/см<sup>2</sup>. Водопоглощение вспученного вермикулита колеблется от 120 до 400% по массе в зависимости от плотности и зернового состава. Теплопроводность зерен вдоль слоев почти в 2 раза больше, чем перпендикулярно к ним.

Структура вермикулита отличается тонким расслоением, наличием внутри вспученных пакетов большого количества крупных и мелких пор, имеющих продолговатую и замкнутую форму. Площадь крупных пор составляет около 30% от всей площади разреза. Площадь, занятая веществом, составляет около 5,5% от общей площади. При этом мелкие поры занимают примерно до 64,5 % всей площади. Под микроскопом при увеличении хорошо видны мелкие и мельчайшие поры, причем для хорошего вермикулита характерно сравнительно равномерное их

распределение. Пористая структура с перемычками придает вермикулиту прочность и некоторую упругость.

Вспученный вермикулит имеет кубовидную форму и бугристую поверхность. Он дает хаотическую ориентировку кусков в засыпке, хорошо сцепляется с вяжущим, отчего требует при изготовлении меньшего расхода цемента, придавая композиту более высокую прочность.

С целью разработки эффективных составов теплоизоляционных растворов с низкой плотностью, на первом этапе были изучены составы вяжущих композиций с использованием в смесях различных дозировок цемента (90%, 80%, 70%) и вспученного вермикулита (10%, 20%, 30%). При приготовлении растворов использовался цемент ЦЕМ 0 52,5Н ГОСТ 31108 – 2020 с удельной поверхностью 308 м<sup>2</sup>/кг. Варьировалось водоцементное отношение в смесях: В/Ц = 0,3; 0,35; 0,4; 0,7; с целью обеспечения одинаковой пластичности и формируемости. В указанных составах предусматривалось использование портландцемента как вяжущего компонента, а вермикулита, как легкого заполнителя (табл. 1).

Таблица 1. Составы и физико-механические характеристики вяжущих композиций

№№ составов	Состав, % по массе		Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг, цемента	В/Ц, цемента	Физико-механические показатели в возрасте 28 сут., МПа			
	цемент	вермикулит			плотность, кг/м <sup>3</sup>	предел прочности при сжатии, МПа		
					28	28		
1-1*	90	10	308	0,4	1050	1,22		
1-2*	90	10	308	0,4	1106	1,63		
1-3*	90	10	308	0,4	1048	0,95		
1-4*	90	10	308	0,4	1175	3,12		
2-1*	90	10	308	0,35	1065	1,42		
2-2*	90	10	308	0,35	1015	0,9		
2-3*	90	10	308	0,35	1089	1,5		
2-4*	90	10	308	0,35	1023	1,18		
3-1*	90	10	308	0,3	945	1,3		
3-2*	90	10	308	0,3	978	0,98		
3-3*	90	10	308	0,3	994	0,91		
3-4*	90	10	308	0,3	918	0,76		

\* – все составы приготовлены при ручном смешении

Смешение компонентов производили вручную в одинаковых условиях в емкости объемом 3 л, путем постоянного встряхивания в течение 5 мин. Из свежеприготовленного раствора формовали образцы-кубики размером  $30 \times 30 \times 30$  мм. Отформованные образцы выдерживали в нормальных условиях при температуре  $20 \pm 3$   $^{\circ}\text{C}$  в течение 28 суток. Испытания образцов на сжатие проводили на гидравлическом прессе ПГМ-100МГ4. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Анализ результатов физико-механических показателей полученных вяжущих композиций свидетельствует, что при использовании цемента (90%:) и вермикулита (10%) возможно получить плотность 1050-1023 кг/м<sup>3</sup> (составы: 1.1 – 2.4), но не все составы имеют требуемую прочность 1 МПа. Отмечается, что состав 2.1 отформованный при  $\text{В/Ц}=0,35$ ; обладал очень низкой пластичностью, что затрудняло формование, вследствие недостаточного содержания воды, хотя этот состав показал прочность 1,42 МПа при низкой плотности 1065 кг/м<sup>3</sup>.

Составы растворов, приготовленные с содержанием вермикулита 20% и 30%, имели плотность в диапазоне 468...363 кг/м<sup>3</sup>, однако образцы не обладали достаточной прочностью для испытания на прессе, разрушаясь в руках при подготовке к испытаниям.

Проведенные испытания свидетельствует о возможности создания теплоизоляционных растворов составов с соотношением: цемент-90% и вермикулит 10%, обеспечивающих получение показателей по плотности 1023–1106 кг/м<sup>3</sup> и прочности 1,18 – 1,63 МПа, однако, полученные результаты не обеспечивали получение эффективных показателей по плотности, гарантировавших низкую теплопроводность. В связи с этим ставилась задача по поиску решения по снижению плотности раствора.

Рассматривая компонентный состав сухой теплоизоляционной смеси, отмечается, что портландцемент имеет значительную большую плотность относительно плотности вспученного вермикулита. Это и явилось основанием для создания вяжущих с пониженной плотностью и достаточной прочностью при сжатии с последующим применением их в создании раствора пониженной плотности. В связи с поставленной целью были приготовлены составы вяжущих композиций, включающих портландцемент и вспученный вермикулит в различных соотношениях, механоактивированных в вибрационной мельнице (таблица 2).

Таблица 2. Составы и физико-механические характеристики вяжущих композиций, приготовленных в вибрационной мельнице

№ состава	Время помола, мин	Состав %		Удельная поверхнос- ть м <sup>2</sup> /кг	Физико-механические показатели в возрасте 7, 28 сут, МПа		
					Прочность, МПа	Плотнос- ть, кг/м <sup>3</sup>	
		вермикул- ит	цемен- т		7	28	
-	0	0	100	308	19,2	48,1	2200
1	0	10	90	308	3,8	9,6	1459
1-1	5	10	90	504	14,6	36,4	1620
1-2	10	10	90	583	18,2	45,5	1803
1-3	15	10	90	597	20,0	50,1	1917
1-4	30	10	90	612	23,3	58,2	1933
1-5	40	10	90	600	20,4	51,0	1920
2	0	20	80	275	3,1	7,9	1043
2-1	5	20	80	517	11,96	29,9	1510
2-2	10	20	80	604	16,0	40,2	1650
2-3	15	20	80	612	18,0	45,2	1790
2-4	30	20	80	643	20,3	50,9	1881
2-5	40	20	80	620	18,6	46,5	1795
3	0	30	70	275	2,0	5,2	951
3-1	5	30	70	546	7,8	19,7	1400
3-2	10	30	70	616	11,1	27,8	1530
3-3	15	30	70	642	13,6	34,2	1650
3-4	30	30	70	722	17,1	42,8	1720
3-5	40	30	70	650	14,2	35,5	1665

В дальнейшем при изготовлении теплоизоляционных растворов предполагается, что это вяжущая композиция должна будет обладать достаточно высокими показателями по прочности и относительно не высокими показателями по плотности, что позволит за счет этого вяжущего создавать жесткий пористый каркас с использование пористого заполнителя – вспученного вермикулита. Предполагается, что создание такого композита, обеспечит повышение пористости и обеспечит высокие теплозащитные свойства создаваемого теплоизоляционного раствора.

#### Библиографический список

1. Загороднюк.х., раЖимбаев ш.м., сумской д.а., рыхих в.д. особенности процессов гидратации вяжущих композиций с использованием отходов вспученного перлитового песка // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 75-88. DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-11-75-88.

2. Лесовик В. С., Загороднюк Л. Х., Чулкова И. Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-2. С. 267-271.
3. Munoz-RuiperezC., RodriguezA., Gutierrez-Gonzales S., CalderonV. Lightweight masonry mortars made with expanded clay and recycled aggregates // Construction and Building Materials. 2016. Vol. 118. Pp. 139–145.
4. M. Sutcu, Influence of expanded vermiculite on physical properties and thermal conductivity of clay bricks, Ceram. Int. 41 (2015) 2819–2827.
5. Ахтямов, Р.Я. Вермикулит – сырье для производства огнеупорных теплоизоляционных материалов / Р. Я. Ахтямов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2009. - №1-2. – С. 58-64.
- Ахтямов, Р.Я. Применение эффективных теплоизоляционных материалов и жаростойких бетонов в футеровках печей обжига керамического кирпич // Строительные материалы. – 2004. - № 2. 26 – 28 с.

## УДК 57.03

Артёменко Е. Е., ученица 1-А класса  
 Коваленко И. В., учитель начальных классов  
 (Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
 "Центр образования №15 "Луч", г. Белгород, Россия)

## ОКРАШИВАНИЕ ЦВЕТОВ

*Аннотация: представлен способ окрашивания цветов пищевыми красителями.*

*Ключевые слова: растения, цветы, розы, окрашивание, пищевые красители.*

Растения – это часть природы, а природа людям важна.

В мире есть огромное разнообразие растений. Однако, все они отличаются друг от друга не только своим видом и формой, но и разностью цветовых оттенков.

Таблица 1. Строение растения [1]

Часть растения	Описание
Корень	Подземная (нижняя) часть растения. С помощью корня растение всасывает из почвы воду и растворённые в ней вещества
Стебли	Надземная часть растения, проводит от корня к другим частям растения воду с растворёнными в ней веществами, а от листьев к корню по стеблю доставляются питательные вещества.
Лист	С помощью листьев растения дышат и испаряют лишнюю воду, ещё выделяют в воздух кислород, который нужен для дыхания всем живым организмам

Плод	Защищают семена от повреждений, замерзания и высыхания, а семена дают жизнь новым растениям.
Цветок	Это часть растения, зачастую имеет вид венчика из лепестков вокруг пестиков и тычинок



Рисунок 1. Строение растения

Все мы знаем, что цветы имеют не только ароматный запах, но и яркий окрас. Известно, что цветы зачастую получают свой окрас от природы (естественным образом) – выражаясь научным языком – пигменты, которые заложены в ДНК растений. Несмотря на разнообразие естественных оттенков, человек стал окрашивать цветы искусственным способом, чтобы добиться двух и более цветных цветов [2].

Способы искусственного окрашивания цветов:

- Погружение свежих цветов в краситель;
- Использование красителя-спрея;
- Окрашивание пищевым красителем.

Известный способ окрашивания цветов в домашних условиях – это использование пищевых красителей.

Пищевые красители – это вещества, которые используются в быту и промышленном производстве для придания определенного окраса [3].

Перед началом окрашивания цветы необходимо подготовить:

1. Промыть стебель;
2. Освободить нижнюю часть стебля от листьев, так как они будут забирать на себя воду и краситель при этом не давая никакого результата;
3. Непосредственно перед тем, как опустить растение в воду срезать низ стебля на 2-3 см.



Рисунок 2. Подготовка роз перед окрашиванием

Процесс окрашивания цветка, в нашем случае белые розы;

1. В чистые колбы налить прохладную воду;
2. Подобрать несколько цветов жидкого пищевого красителя. В нашем случае: красный, синий, зеленый и желтый.
3. Добавить в разные колбы с водой по 10 капель пищевого красителя и тщательно перемешать;
4. Опустить стебель цветка в окрашенную воду и наблюдать за изменением цвета;
5. Один стебель розы мы разрезали на две части, каждую из которых поставили в разные цветные растворы. Для контраста взяли желтый и синий цвета;
6. Одну розу поставили в чистую воду, для контрольного образца.



Рисунок 3. Этапы окрашивания

Результаты окрашивания:

- Прошло 10 минут;



Рисунок 4. Цветы через 10 минут

По истечению 10 минут окрашивание цветов не произошло.

- Прошел 1 час;



Рисунок 5. Окрашивание через час

Через час мы наблюдали, что у цветка, который стоял в воде с синим красителем, окрасились края лепестков.

- Прошло 12 часов;



Рисунок 6. Цветы через 12 часов

- Прошло 24 часа;



Рисунок 7. Цветы через 24 часа

Спустя сутки у всех цветов появился устойчивый окрас.

Стебель, разрезанный на две части, окрасился равномерно двумя цветами. При этом бутон розы окрасился частично в желтый цвет, частично в синий цвет, а середина бутона окрасилась в зеленый цвет.



Рисунок 8. Цветок, стебель которого разрезан на две части, через 24 часа

#### **Библиографический список**

1. Из чего состоят растения [электронный ресурс] // <https://foxford.ru/wiki/okrughayuschiy-mir/is-chego-sostoyat-rasteniya-> (дата обращения: 29.01.2023)
2. Батурицкая Н. В., Фенчук Т. Д. Удивительные опыты с растениями //Минск: Нар. асвета. – 1991. – Т. 208.
3. Бессонов В. В. и др. Пищевые красители в современной индустрии пищи–безопасность и контроль //Пищевая промышленность. – 2012. – №. 12. – С. 20-24.0

**УДК 504.75.05**

**Барашков И.А., студент,  
Шахова А.В., студент,**

*(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **ТЕРМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*Аннотация: в статье рассмотрены наиболее широко распространённые технологии термической переработки твердых коммунальных отходов. Перечислены их преимущества и недостатки. Описана проблема диоксиновой опасности и возможные методы еёнейтрализации.*

*Ключевые слова: термические технологии: твердые коммунальные отходы, сортировка, псевдоожиженный слой, пиролиз, диоксины, мутагены, синтез-газ, экологическая безопасность.*

Термические технологии – один из наиболее сложных в организации способов утилизации твердых коммунальных отходов(ТКО). Главное преимущество термических методов заключается в значительном уменьшении объёма и массы обрабатываемого материала. Масса, в среднем, уменьшается на 85-90% [2]. Кроме того, пропадают такие факторы, как: возможность появления токсичных бактерий, едкий запах, различные жидкости, привлекательность для диких животных. Однако, в настоящее время сжигание неразделенного потока ТКО может привести к серьёзным экологическим проблемам. Вследствие чего, в настоящее время, прежде чем попасть в камеру сжигания, поток ТКО проходит тщательную сортировку. В процессе сортировки из ТКО удаляются металлы, аккумуляторы, батарейки, пластиковые изделия, листья, стекла и т.п., чтобы уменьшить вредные выбросы.

Существует несколько термических технологий утилизации ТКО: сжигание, сжигание мусора в псевдоожиженном слое, пиролиз, совместное сжигание ТБО и шламов сточных вод.

Сжигание ТКО осуществляется слоями в специальных мусоросжигательных котлах в окислительной среде при постоянной температуре более 600 °C (Рисунок 1) [1]. При таких условиях процесс проходит автотермично и не требует загрузки дополнительного топлива для поддержания горения. Преимущества такой технологии заключаются в простоте организации мест захоронения зольно-шламовых отходов, простоте и компактности оборудования и низкой

стоимости процесса очистки отходящих газов. Главный недостаток метода заключается в необходимости сортировать ТКО перед загрузкой в котёл. В составе сырья не должны содержаться соединения фосфора, галогенов и серы. В противном случае отходящие газы будут содержать высокотоксичные канцерогенные включения, содержащие диоксины и фураны. Однако, большинство мусоросжигательных заводов в нашей стране не предусматривают сортировку КТО и перерабатываю комбинированные коммунальные отходы, что негативно сказывается на экологическую обстановку.

1 - приемное отделение

2 - приемный бункер

3 - котлоагрегатор

4 - 6 - отделение газоочистки

7 - 8 - шлаковое отделение

9 - загрузка ТКО в печь

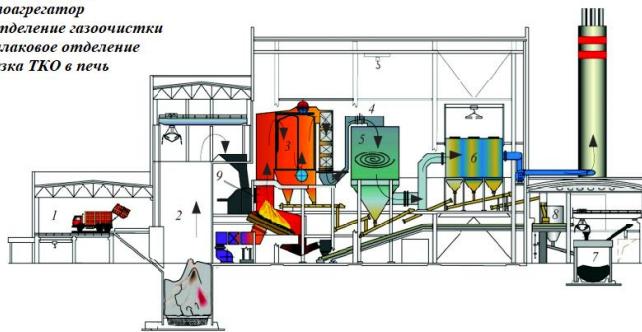


Рисунок 1. Схема установки сжигания ТКО

Сжигание КТО в псевдоожиженном слое так же очень распространен в наше время. Этот способ характеризуется высокой эффективностью сжигания при низких показателях выхода вредных веществ. Суть процесса заключается в сжигании ТКО при температуре 600–1100 °C с введением в реактор углекислого газа, кислорода и водяного пара (Рисунок 2) [1]. На протяжении всего процесса в зоне горения поддерживается восстановительная среда, чтобы исключить возможность возникновения оксидов азота и серы. В качестве продуктов реакции получают: CO, CO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>O, альдегиды, фенолы, углеводороды (генераторный газ) и т.п. Однако, подобный процесс разрешено осуществлять только при жестком контроле выхода токсичных компонентов. Количество выбросов должно быть ниже предельной допустимой концентрации(ПДК). Генераторный газ, получаемый в процессе сжигания, так же может быть использован на месте производства, как низко калорийное топливо.

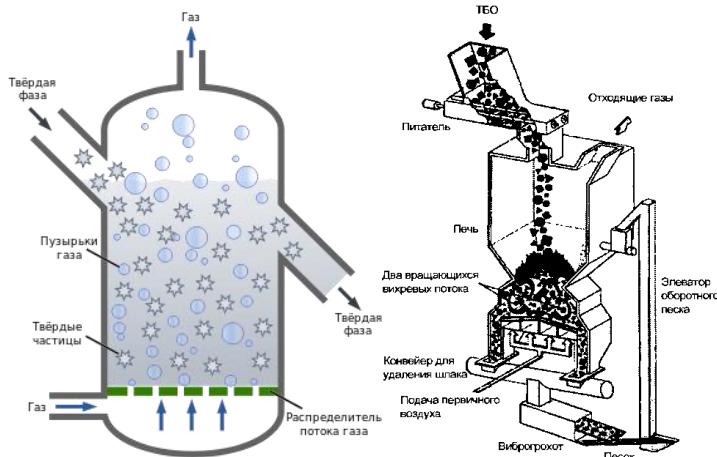


Рисунок 2. Схема процесса сжигания в псевдоожженном слое и устройство печи, специализированной под этот метод термической обработки

Пиролиз – процесс, при котором происходит полное химическое разложение ТКО под действием высоких температур в безвоздушном пространстве. Пиролиз можно условно разделить на 2 метода: высокотемпературный (при температурах более  $900^{\circ}\text{C}$ ) и низкотемпературный (температурах менее  $900^{\circ}\text{C}$ ). На данный момент существует 4 принципа осуществления процесса низкотемпературного пиролиза: пиролиз ТКО органического происхождения под действием высокой температуры без доступа кислорода; пиролиз при постоянно поддерживаемой температуре около  $760^{\circ}\text{C}$  с доступом воздуха, необходимого для неполного окисления отходов; пиролиз с использованием кислорода для достижения большей теплотворной способности процесса; пиролиз при постоянно поддерживаемой температуре около  $850^{\circ}\text{C}$  без сортировки отходов на органические и не органические. Последующее увеличение температуры приводит к уменьшению выхода твердых отходов и, соответственно, к увеличению выхода газа [2].

Главным преимуществом пиролиза в сравнении с процессом непосредственного сжигания ТКО является его относительная экологическая безопасность. Помимо этого, при помощи высокотемпературного пиролиза можно перерабатывать различные группы отходов опасных для переработки всеми существовавшими ранее методами из-за высокой токсичности веществ на выходе (Рисунок 3). Например, такие группы отходов, как: пластмассы, синтетические масла, автопокрышки, смолы, резины и др. Так же, к

преимуществам пиролиза можно отнести отсутствие биологически активных веществ в продуктах разложения, вследствие чего отходы такого процесса можно складировать безопасно для окружающей среды. Высокотемпературный пиролиз, фактически, есть процесс превращение ТКО в синтез-газ, который активно применяется как низкокалорийное топливо.

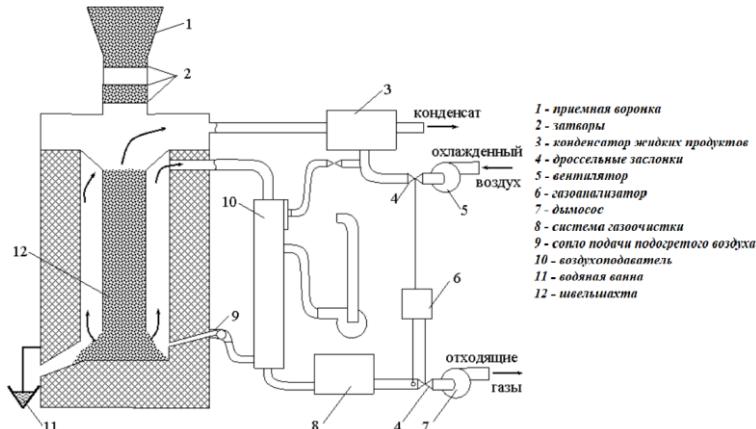


Рисунок 3. Схема установки высокотемпературного пиролиза

В процессе сжигания не отсортированного ТКО существует большая вероятность образования крайне токсичных веществ на выходе, включающие такие опасные соединения, как диоксины, фосген, синильная кислота и др. Кроме того, такие продукты как, шлаки и зола могут обладать абсолютно непредсказуемым составом и свойствами [3]. Главная же проблема сжигания неотсортированных ТКО заключается в диоксиновой опасности. Диоксины – это группы органических веществ, относящихся к классу полихлорированных соединений. Суммарно, это название объединяет более 200 веществ. Диоксины являются супертоксикантами, то есть наиболее опасными веществами для человека и окружающей среды. Кроме того, эти вещества являются канцерогенами – соединениями, провоцирующими образование злокачественных опухолей, влияющим на белковый обмен, способствующими биоактивации мутагенов и разрушению витаминов, гормонов и лекарств. В следствие чего, во всем мире приняты крайне жесткие нормы ПДК диоксинов : в воздухе ПДК составляет  $0,5 \cdot 10^{-9}$  мг/м<sup>3</sup> , в воде  $2 \cdot 10^{-8}$  мг/л, в почве 0,06 мг/кг [4]. Наиболее крупные источники диоксинов - свалки и мусоросжигательные заводы, работающие с комбинированными ТКО.

При неполном окислении 1 кг неотсортированных ТКО с содержанием 10–15 % пластиков образуется 40 мкг диоксинов. Чтобы привести это количество вещества к норме ПДК необходимо его равномерно распределить более чем по 80 млн м<sup>3</sup> воздуха [2].

Из-за диоксиновой угрозы Правительство РФ в 1995 г. приняло специальную долгосрочную программу «Защита окружающей природной среды от диоксинов и диоксиноподобных токсинов», целью которой является проведение мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды диоксинами. Однако, проблема заключается не только в мусоросжигательных заводах, работающих на комбинированных ТКО, следует избегать сжигания несортированного мусора, уличных свалок и опавших листьев на бытовом уровне. По причине диоксиновой опасности, в данный момент, закрываются многие мусоросжигательные заводы во всех странах мира, остальные подвергаются переоборудованию и существенной модернизации. В России также вводятся различные законопроекты, ограничивающие сжигание мусора. Так же рассматриваются варианты по внедрению технологии высокотемпературного пиролиза и новых технологий переработки ТКО.

Таким образом, можно сделать вывод, что высокотемпературный пиролиз является наиболее перспективной термической технологией переработки ТКО, как с экологической точки зрения, так и с экономической, благодаря востребованным на рынке продуктам выхода. Высокотемпературный пиролиз требует минимальной подготовки ТКО и обладает максимальной эффективностью по сравнению с остальными термическими технологиями переработки ТКО.

### **Библиографический список**

1. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие / под ред. А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько, М. В. Соколов, П. В. Макеев, И. В. Шашков. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 100 экз. – 13-18с.
2. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов: учеб. пособие / под ред. А. С. Носков Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов; А. С. Носков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 220 с. – 132-136с.
3. Севостьянов В.С., Шамгулов Р.Ю. Термолиз в переработке полимерных отходов // Всероссийская научная конференция. 2018. Т2. - 125-130с.
4. Пурим В.Р. Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики. Москва: Энергоатомиздат, 20

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В СОСТАВЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА РОСТ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ

*Аннотация: Результатом данной работы является подбор оптимального состава из молочной сыворотки с добавлением пептона сухого ферментативного мясного (ГОСТ 13805-76) для роста и развития дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и молочнокислых бактерий. Молочная сыворотка обладает богатым витаминным и минеральным составом (витаминами A, E, C, группы B, причем жидкость содержит редкие формы витаминов B7 и B4).*

*Ключевые слова: молочная сыворотка, колонии дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, колонии молочнокислых бактерий, пептон сухого ферментативного мясного ГОСТ 13805-76, питательная среда.*

Биологическая важность сывороточных белков и их роль в качестве источника биоактивных пептидов описывается в методах и технологиях получения. Кроме того, в сыворотке раскрываются биохимические механизмы во время активности, проявляемой биопептидами. Биоактивные пептиды, полученные из различных пищевых белков, были частью различных исследований. Сыворотка является богатым источником белков и компонентов, связанных с биологической активностью.

Известно, что белки обладают эффектами, которые способствуют пользе для здоровья. Пептиды, полученные из сывороточных белков, в настоящее время широко изучаются. Эти биоактивные пептиды представляют собой аминокислотные последовательности, зашифрованные в первой структуре белков, для высвобождения которых требуется гидролиз. Гидролиз может происходить путем ферментативного расщепления *in vitro* или *in vivo* и с использованием микроорганизмов в ферментированных системах.

Биологическая активность, связанная с биопептидами, включает иммуномодулирующие свойства, антибактериальные, гипотензивные, антиоксидантные, опиоидные и другие. Эти функции связаны с общим состоянием здоровья или снижением риска определенных хронических заболеваний. Чтобы определить пригодность этих пептидов (ингредиентов) для применения в пищевой технологии, необходимы

клинические исследования для оценки их биодоступности, требований к здоровью и безопасности. [1].

На 70% сыворотки состоят из лактозы, белковых и небелковых соединений, входящих в состав аминокислотного комплекса. Белковые азотистые соединения составляют от 0,5 до 0,8% и зависят от способа коагуляции продукта. В состав аминокислотного комплекса молочной сыворотки входят: лактоальбуминовые фракции: лактоглобулин А, лактоглобулин В, лактоглобулин В+, лактоглобулин С, сывороточный альбумин; лактоглобулиновые фракции: овоглобулин, псевдоглобулин; протеозопептонная фракция. На 95% сыворотка состоит из воды, не имеет пищевых волокон. В 100 мл продукта содержится 0,8 г белков, 0,2 г жиров, 3,6 г углеводов. В состав сыворотки входят и другие полезные элементы, такие как: витамины группы В1, фолиевая кислота, кобаламин, аскорбиновая кислота, токоферол, никотиновая кислота, калий, кальций, магний, натрий, фосфор, железо, йод, цинк.

Благодаря своему богатому элементами составу, сыворотку широко используют в качестве питательных компонентов для роста и развития микроорганизмов. Так была установлена взаимозависимость между скоростью воздушного потока, усвоением лактозы и синтезом клеточного белка при периодическом культивировании *Kluyveromyces marxianus* var. штамм *lactis* MC5 в питательной среде содержащей ультрафильтрат молочной сыворотке с различной концентрацией лактозы. Максимальная конверсия лактозы была достигнута за счет поддержания динамического контроля скорости воздушного потока на протяжении всего процесса [2].

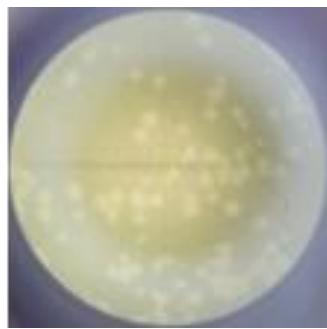
Известен другой способ подготовки питательной среды для выращивания кормовых дрожжей из молочной сыворотки, путем обогащения ее необходимыми минеральными солями. С целью увеличения выхода кормовых дрожжей по предлагаемому способу, перед обогащением сыворотку выдерживают в течение преимущественно 48 час для перевода молочного сахара (лактозы) в молочную кислоту. Молочную сыворотку загружают в окислители (агрегаты для молочнокислого брожения), нагревают до 25-30°С. Каждые 3-4 час массу перемешивают и проверяют температуру и pH. Для оптимального развития молочнокислых бактерий избыток кислотности нейтрализуют до pH = 5,2-5,3 добавлением соответствующей дозировкой калийных и аммонийных солей [3].

В одном из исследований был предложен оптимальный состав базальной среды для ферментативного производства водорода из сточных вод из сырной сыворотки. Было приготовлено двадцать пять

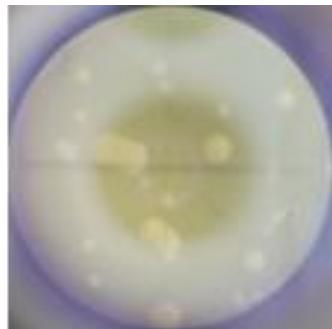
различных рецептур базальной среды, каждая из которых содержала концентрацию микроэлементов (Co, Ni, Zn: 0-5 мг/л), концентрацию макроэлементов (Mg: 0-200 мг/л; Mn: 0-10 мг/л, Fe: 0-100 мг/л, Ca: 0-1000 мг/л). Каждая из экспериментальных установок проводилась в трех экземплярах во флаконах с сывороткой объемом 100 мл при pH = 5,5 в мезофильных условиях. В качестве исходного инокулята использовали гранулированную биомассу, полученную из промышленного анаэробного биореактора с восходящим потоком ила. Была предложена успешная питательная композиция для оптимального производства водорода из сырной сыворотки следующим образом;  $\text{CoCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ : 1,25-2,5 мг/л;  $\text{CaCl}_2$ : 250-500 мг/л;  $\text{MgCl}_2$ : 50-150 мг/л;  $\text{MnCl}_2$ : 2,5-5 мг/л;  $\text{FeCl}_2$ : 50-100 мг/л; дрожжевой экстракт: 125-250 мг/л; L-цистein: 125-250 мг/л и соотношение 30/40 [4].

Нами был проведен эксперимент по созданию питательных сред из молочной сыворотки с добавлением пептона сухого ферментативного мясного (ГОСТ 13805-76 [5]). Молочная сыворотка содержит 0,03-0,04 % жиров, 0,7-0,9 % белков, pH = 4,77-5,38.

В состав первой предложенной экспериментальной среды вошли 1 г пептона, 2 г агара сухого микробиологического и молочная сыворотка без разведения с pH = 4,91. В состав второй предложенной экспериментальной среды вошли 1 г пептона, 2 г агара сухого микробиологического, молочной сыворотки, разведенной в половину стерильной дистиллированной водой. Её pH составил 5,15. Высевали молочнокислые бактерии ( $10^9$ ) и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* ( $10^9$ ).

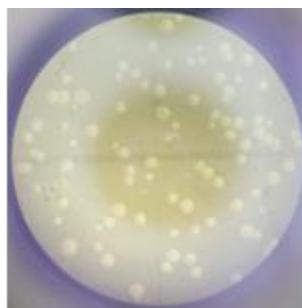
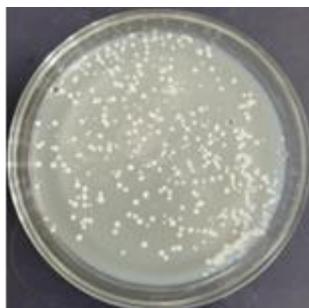


a)



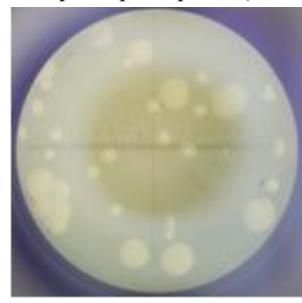
б)

Рисунок 1. Колонии микроорганизмов на первой экспериментальной среде: а) дрожжей с размерами; б) молочнокислых бактерий с размерами



а)

Рисунок 2. Колонии микроорганизмов на второй экспериментальной среде: а) дрожжей с размерами; б) молочнокислых бактерий с размерами (начало)



б)

Рисунок 2. Колонии микроорганизмов на второй экспериментальной среде: а) дрожжей с размерами; б) молочнокислых бактерий с размерами (окончание)

При увеличении в 600 раз на микроскопе установлена форма клеток микроорганизмов – шар или эллипс, что соответствует описанию клеток дрожжей и молочнокислых бактерий [6]. Размер колоний дрожжей на обоих средах от 0,2 до 1,5 мм. Размер молочнокислых бактерий на обоих средах от 0,5 до 4 мм [7]. Количество колоний дрожжей рода *Saccharomyces cerevisiae* на первой экспериментальной среде составило 146 КОЕ, на второй – 123 КОЕ. Количество колоний молочнокислых бактерий на первой экспериментальной среде составило 59 КОЕ, на второй – 72 КОЕ.

Экспериментально видно, что среда пригодна для роста и развития дрожжей рода *Saccharomyces cerevisiae* и молочнокислых бактерий. Наиболее благоприятной она является для молочнокислых бактерий.

#### **Библиографический список**

1. Olvera-Rosales L.B., Cruz-Guerrero A.E., García-Garibay J.M., Gómez-Ruiz L.C., Contreras-López E., Guzmán-Rodríguez F. & González-Olivares L.G. (2022) Bioactive peptides of whey: obtaining, activity, mechanism of action, and further applications, Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
2. Pavlova K., Simova E., Beshkova D., Tamamdjiev A., Frengova G. & Grigorova D. (1995) Bioconversion of the Lactose in Whey Ultrafiltrate by Cultivation of *Kluyveromyces Marxianus* Var. *Lactis* MC5, Biotechnology & Biotechnological Equipment, 9:4,33-42.
3. Пат. 449931 Российская Федерация, МПК A1 C12B 3/00 (1990.01), C12K 1/00 (1990.01) / Способ подготовки питательной среды для выращивания кормовых дрожжей из молочной сыворотки / Беренштейн А.Ф., Васько Т.П., Хорошилов Е.И.; патентообладатель: Беренштейн А.Ф., Васько Т.П., Хорошилов Е.И., заявл. 17.10.1972; опубл.: 15.11.1974, Бюл. № 42. – 1.
4. Azbar Nuri, Tuba Çetinkaya Dokgöz F. & Zerife Peker (2009) Optimization of Basal Medium for Fermentative Hydrogen Production from Cheese Whey Wastewater, International Journal of Green Energy, 6: 4,371 -380.
5. ГОСТ 13805-76. Пептон сухой ферментативный для бактериологических целей. Технические условия: дата введения 29 апреля 1976 // «Издательство стандартов СССР» (дата обращения: 19.03.2023).
6. Василенко Т.А., Бездетко Е.О. Использование отходов растительного происхождения в качестве питательных сред для роста и развития микроорганизмов // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: сб. докл. Междунар. научн. конф., Алушта- Белгород, 1–5 июня, 2021 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 374 с.
7. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. Тула: Дрофа, 2004. 256 с.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

*Аннотация: Главным звеном в системе профилактических мероприятий по предупреждению контаминации сырья сапрофитами и исключению распространения инфекционных заболеваний является микробиологическое исследование, которое позволяет гарантировать санитарное благополучие продовольственного сырья и вырабатываемых из него лекарственных средств.*

*Ключевые слова: сырьё, микроорганизмы, патогены, лекарственные средства, микробиологический контроль.*

Обсеменение лекарственного сырья посторонней микрофлорой, а также патогенными микроорганизмами, может происходить при его его заготовки и хранении. При этом микроорганизмы, размножившиеся на поверхности лекарственного сырья, вызывают изменение его фармакологических свойств. Наибольшей опасности подвергается сырье, собранное в условиях повышенной влажности.

Практически на все виды лекарственных препаратов микроорганизмы могут попасть из окружающей среды и от людей, занимающихся их изготовлением. Именно поэтому необходимо строгое соблюдение санитарного режима на предприятиях, занятых их производством, хранением и реализацией [1].

Санитарно-микробиологическому контролю подлежат как отдельные объекты предприятия, так и каждая серия выпускаемых производством фармацевтических форм.

Лекарственные средства делятся на абсолютно стерильные и на те, которые не требуют стерилизации. К абсолютно стерильным относят глазные капли, мази, инъекции для парентерального введения. Контроль стерильности анаэробов проводят путем посевов на тиогликолевую среду, а контроль дрожжей рода *Candida* на среду Сабуро. Также используют метод мембранный фильтрации, после проведения которой фильтр делят на две части и вносят для подращивания задержанных микроорганизмов в жидкие питательные среды. Лекарственный препарат считается стерильным при отсутствии их роста.

Несмотря на отдельные недостатки, метод мембранный фильтрации имеет целый ряд преимуществ в отличие от прямого посева. Он устранил антимикробное действие препаратов, которое при прямом посеве может дать неверные результаты определения, но дает возможность исследовать большие объемы лекарственного препарата, снизить время инкубации посевов, сэкономить питательные среды и т.д.

Фармацевтические препараты, которые не требуют стерилизации, обычно содержат микроорганизмы, поэтому в них определяют общее количество жизнеспособных бактерий и грибов, а также количество санитарно-показательных микроорганизмов (СПМ) и патогенов (энтеробактерий, золотистого стафилококка, синегнойной палочки и др.), содержание которых в лекарственных средствах этого типа не допускается. Санитарно-показательными называют микроорганизмы, по которым можно косвенно судить о возможном присутствии патогенов во внешней среде. То есть при их определении исходят из предположения, что чем больше объект загрязнён выделениями человека и животных, тем больше будет СПМ и тем вероятнее присутствие патогенов.

В препаратах, выпускаемых в таблетках, патогенные микроорганизмы не допускаются, их общая концентрация должна быть не менее 10 тысяч клеток на таблетку. В лекарственных средствах, используемых местно (полость уха, носа), общее микробное число (ОМЧ) может быть достигнуто 100 клеток/г или мл, а в лекарственных средствах, используемых внутрь - 1000 клеток/г или мл, дрожжей и плесеней – не более 100 [2].

Микробиологический контроль проводится в лабораториях завода регулярно. Он осуществляется по всему технологическому процессу от сырья до готовой продукции по государственным стандартам, техническим условиям, инструкциям, правилам, методическим указаниям и нормативной документацией, которая разрабатывается для каждой отрасли промышленности.

Качество готовой продукции, в том числе и по микробиологическим показателям, должно соответствовать требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Микробиологический контроль будет способствовать эффективному совершенствованию предприятия только в том случае, если он осуществляется вместе с санитарно-гигиеническим контролем.

Назначение санитарно-гигиенического контроля – выявление патогенных микроорганизмов. Вероятность их присутствия

определяется наличием санитарно - показательных микроорганизмов. Контроль предполагает проверку чистоты воды и воздуха производственных помещений, а также сырья, санитарного состояния технологического оборудования, инвентаря, тары, гигиенического состояния обслуживающего персонала (чистота рук, одежды и др.). Он проводится как в микробиологической лаборатории фирмы, так и санитарно-эпидемиологическими станциями по утвержденным методикам [3].

Существует такой вид биологического контроля как определение микробиологической чистоты нестерильных лекарственных средств - установление состава и количества имеющейся в препарате микрофлоры и ее соответствие нормам, ограничивающим микробную обсемененность (контаминацию). Патогенные микроорганизмы (синегнойная палочка, кишечные бактерии) способны находиться в таблетках и гранулах от 6 до 18 мес., сохраняя свои морфологические и биохимические свойства. Микробиологическая чистота нестерильных лекарственных средств зависит от санитарно-гигиенических условий производства, дополнительной обработки сырья с целью его деконтаминации и состояния микробиологического контроля на всех этапах изготовления.

Выполняют испытание на микробиологическую чистоту в асептических условиях. Количественное определение микроорганизмов проводят двухслойным агаровым методом в чашках Петри. Образец лекарственного средства в количестве 10 г (мл) растворяют, суспенсируют или эмульгируют в фосфатном буферном растворе (рН 7,0) с таким расчетом, чтобы конечный объем раствора был 100 мл. Затем по 1 мл образца смешивают с питательной средой (4 мл). Через 5 суток инкубирования при 30-35°C подсчитывают число бактериальных колоний на двух чашках и вычисляют число бактерий в 1 г (мл) образца [4].

Целью испытания на стерильность является доказательство отсутствия в лекарственном средстве жизнеспособных микроорганизмов любого вида с максимально возможной достоверностью. Результаты испытания на стерильность - один из важнейших показателей безопасности лекарственных средств.

Этому испытанию подвергаются все лекарства для парентерального введения, глазные капли и мази, лекарства, наносимые на открытую рану, и др. Эффективность данного вида контроля определяют такие факторы, как отбор образца для анализа, техника посева лекарственного средства, состав питательных сред,

время инкубации посевов, интерпретация и учет результатов испытания [5].

Приведенные методы контроля применяют для испытаний всех лекарственных средств независимо от их химической природы и лекарственной формы.

#### **Библиографический список**

1. Блинов, В.А. Общая биотехнология. Курс лекций, Ч.1 / В.А. Блинов; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов: СГАУ, 2003 – 161 с.
2. Блинов, В.А. Общая биотехнология. Курс лекций, Ч. 2 / В.А. Блинов; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов: СГАУ, 2004 – 144 с.
3. Основы санитарной и фармацевтической микробиологии : учеб. пособие / Н. А. Правосудова, В. Л. Мельников, Л. В. Мельников. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014 – 118 с.
4. Рабинович Г.Ю., Сульман Э.М. Санитарно-микробиологический контроль объектов окружающей среды и пищевых продуктов с основами общей микробиологии: Учеб. пособие. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2005 – 220 с.
5. Основы промышленной асептики : электронный курс лекций для студентов специальности 1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов» специализации 1-48 02 02 01 «Промышленная технология лекарственных препаратов» / М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2018 – 127 с.

**УДК 631.535.5**

**Власенко Ю.В. студент магистратуры**

**Прибылов Д.А. студент-бакалавр**

**Чурикова Д.А. студентка-бакалавр**

**Шеховцова Л.В. студент магистратуры**

**Маслова Е.В. канд. биол. наук, доц.**

*(Национальный исследовательский университет Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия )*

#### **КУЛЬТИВИРОВАНИЕ IN VITRO РАСТЕНИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЯ РОДА HYSSOPUS СЕМЕЙСТВА LAMIACEAE В УСЛОВИЯХ IN VITRO**

**Аннотация:** цель проведенного исследования заключалась в оценке эффективности растворов белизны, растворов перекиси водорода, растворов лизоформина, растворов биоцида, раствора сулемы в качестве стерилизующих агентов растительных эксплантов Иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis*). В результате более эффективными режимами стерилизации, при которых шанс обнаружения различного рода контаминации был минимален, а количество проросших растительных

эксплантов наибольшим, оказались: раствор биоцида при времени воздействия 10 и 20 минут.

**Ключевые слова:** Иссоп лекарственный, микроклональное размножение, стерилизация растительного материала

Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis*) — вид полукустарников рода Иссоп (*Hyssopus*) семейства Яснотковые (Lamiaceae). В цветущей надземной части содержатся эфирное масло (0,6—2 %), флавоноиды (диосмин, иссопин, гесперидин), дубильные и горькие вещества, смолы, камедь, тритерпеновые кислоты (урсоловая и олеаноловая) и другие вещества. Иссоп богат аскорбиновой кислотой (около 0,2 %). Эфирное масло иссопа — жидкость зеленовато-жёлтого цвета с сильным скопидарно-камфорным запахом, в его состав входят пинен, пинекамфеол, камфен, альдегиды, углеводороды и спирты. Иссоп является хорошим фитонцидным растением [1].

Листья и цветущие верхушки иссопа лекарственного используются как муколитическое, тонизирующее и диуретическое средство, эффективное также в борьбе с паразитическими инфекциями ЖКТ [2].

Производство лекарственных препаратов на основе растительных компонентов существенно возрастает при использовании современных технологий культивирования клеток *in vitro*. Микроклональное размножение растений является одной из наиболее эффективных таких технологий, позволяя получать значительное количество новых растений из сравнительно небольшого образца материнской особи путем получения из этой особи недифференцированных каллусных тканей [3].

Целью работы является получение изолированной культуры *H. officinalis* в условиях *in vitro*.

В баночки объемом 100 мл вносили 25 мл питательной среды Мурасиге-Скуга без добавления регуляторов роста растений. Баночки со средой стерилизовали. Приступали к стерилизации семян непосредственно перед их введением в культуру, производя все дальнейшие операции в ламинарном боксе. Растительные эксплаты семена переносили в мешочки. Завернутые семена погружали в растворы-стерилизаторы: раствор белизны, раствор перекиси водорода, раствор лизоформина, растворы биоцида.

Во время проведения опыта проверялись следующие растворы, обладающие дезинфицирующим эффектом: «Биоцид» (3%, 5%, 10%); «Перекись водорода» (9%, 18%, 36%); «Белизна» (50%, 100%); «Лизоформин-3000» (3%, 5%, 10%); «Сулема» (0,1%). Время экспозиции составило 10, 15 и 20 минут.

В результате проведённой стерилизации выяснили, что наиболее эффективным стерилизующим раствором для внедрения в среду *in vitro* вида *H. officinalis* оказался раствор «Биоцид» концентрации (3%) при времени воздействия на растительный материал (10 минут). Так же хороший результат показали режимы, в которых использовался раствор «Биоцид» (3%) с временем экспозиции 20 минут и «Биоцид» (5%) с временем воздействия 10 минут, и чуть хуже 15 минут.

По итогам эксперимента были определены наиболее эффективные стерилизаторы и режимы стерилизации, так же начаты работы по получению изолированной культуры *H. officinalis* в условиях *in vitro* для разработки протокола микроклонального размножения этого перспективного и практически ценного вида.

#### **Библиографический список**

1. Дудченко Л. Г., Козыakov А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / Отв. ред. К. М. Сытник. — К.: Наукова думка, 1989. — 304 с.
2. Шарыгина И. С. Мёдопродуктивность иссопа лекарственного // Пчеловодство: журнал. — 1963. — № 9. — С. 36—37.
3. Бутенко Р.Г. // Культура изолированных тканей и физиология растений. 1964. С. 272.

**УДК 628.16.098.2**

**Гончарова Е.Н., канд. биол. наук, доц.,**

**Кучерова Ю.О., магистрант**

*(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

### **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ**

*Аннотация:* Рассмотрены перспективы применения биофильтров с различными видами загрузок для очистки пластовых вод.

*Ключевые слова:* пластовые воды, биофильтр, бактерии.

В условиях современной интенсивной нефтедобычи загрязнение водных объектов нефтью и продуктами ее переработки представляет особую опасность. Легкие нефтепродукты обладают способностью создавать пленку на поверхности воды, в следствие чего происходит нарушение процесса аэрации. Тяжелые нефтяные агрегаты оседают на дно и негативно воздействуют на гидробионты [1].

Существенное влияние на поступление нефтяных поллютантов в гидросферу оказывают нефтепромысловые предприятия. Современные

способы разработки нефтяных месторождений, включая добычу, транспортировку использование, не исключают потерь в 1-16 %.

Одновременно добываемые с нефтью минерализованные пластовые воды содержат высокие концентрации химических веществ, которые приводят к деградационному изменению компонентов экосистем нефтегазодобывающих районов: загрязнению подземных и поверхностных вод, нарушению биоценозов и почвенного покрова. Очистка пластовой воды и последующая закачка ее в пласт – важная производственная проблема процессов сбора, подготовки и транспортировки нефти [2].

Для очистки водных объектов от смеси углеводородов, минеральных солей, органических кислот и тяжелых металлов разработаны различные технологии, основывающиеся на применении нефтеокисляющих биопрепараторов, механизм которых состоит в способности микроорганизмов окислять углеводороды [3]. К преимуществам данных методов относят их эффективность, экономичность, экологическая безопасность и отсутствие вторичных загрязнений.

Биологические методы очистки сточных вод от примесей нефти базируются на применении специальных аэротенков и биологических фильтров.

Биологические фильтры представляют собой большие резервуары, изготовленные из железобетона, с перфорированным дном. Внутри находится фильтрующие материалы: кварцевый песок, гравий, гранулированная пластмасса. Эта фильтрующая загрузка подвергается орошению средой, содержащей нефтеокисляющие микроорганизмы.

Данный способ очистки позволяет объединить процесс сорбции и окисления сконцентрированных на твердофазной фильтрующей загрузке загрязнений при помощи микробных клеток. Это дает возможность эффективно очищать пластовую воду от разнообразных органических веществ [4].

Целью исследования является разработка способа очистки нефте содержащих сточных вод при помощи использования биофильтра с различным типом загрузок и применением нефтеокисляющих микроорганизмов и бактериальных клеток, содержащихся в вытяжке из отхода культивирования личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*).

В качестве фильтрующей загрузки были использованы материалы: песок, опилки, пенополиизопрен, гравий и солома.

Для развития биопленки микроорганизмов на поверхности загрузок была приготовлена питательная среда на основе МПБ, в которую

внесли 50 мл нефтеокисляющих гетеротрофных бактерий (концентрация –  $10^7$  кл/мл) и 10 мл суспензии отхода культивирования личинки мухи *Hermetia illucens* (концентрация –  $10^8$  кл/мл).

Для определения видового состава микроорганизмов биологической пленки было проведено окрашивание по Граму, результаты которого представлены на рис. 1.

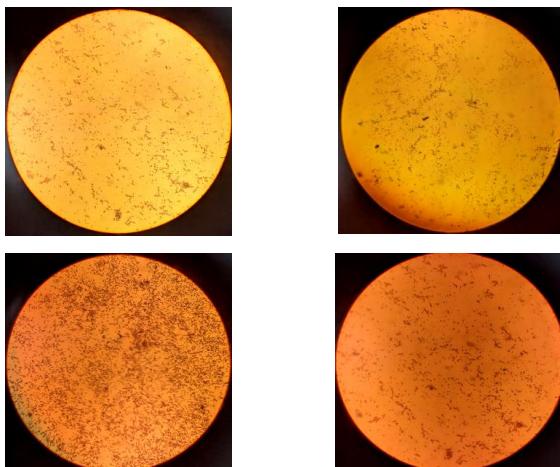


Рисунок 1. Разнообразие морфологических форм микроорганизмов в биопленке

Было отмечено преобладание грамположительных бактерий, палочковидной, слегка вытянутой формы с тупыми закругленными концами бактерий рода *Bacillus*.

К другой распространенной группе бактерий, обнаруженной в загрузке фильтров, относится бактерии рода *Pseudomonas* – грамотрицательные немного искривленные палочковидные бактерии с закругленными концами.

Кроме того, идентифицированы бактерии рода грамположительных *Streptococcus* и род *Acinetobacter* – грамотрицательные бактерии.

Таким образом, микробиоценоз созданной биопленки обладает достаточно высоким разнообразием форм микробных биодеструкторов.

Для сравнения эффективности очистки использовалась пластовая вода в разбавлении 1:5 и модельная водомасляная эмульсия, приготовленная на основе индустриального масла марки «И-20А» в количестве 3 % по объёму, используемая в качестве дисперсной фазы,

дистиллированной воды в количестве 96,7 % по объёму, и также сложной смеси эфирных масел и спиртов в количестве 0,3 % по объёму.

Очистка сточных вод производилась в биофильтрах с различной загрузкой, в качестве контролируемого показателя использовали ХПК – показатель загрязнения вод органическими загрязнениями [5]. Лучшие результаты были получены на загрузках: песок, опилки, пенополистирол, приведены в табл.1. Эксперименты с другими видами испытанных наполнителей биофильтров не продемонстрировали значимых изменений. Промежуточные результаты очистки сточных вод в биофильтре приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты определения содержания органических веществ после очистки в биофильтре

Вид сточной воды	ХПК, мг О/л до очистки	ХПК <sub>очищ.</sub> , мг О/л			Эффективность очистки, %		
		песок	опилки	пенополистирол	песок	опилки	пенополистирол
Водомасляная эмульсия	714	528	657	514	26	8	28
Пластовая вода	214,2	143	171	129	33	20	40

На основании полученных результатов наибольшую эффективность биологической очистки воды от органических примесей показали биофильтры с песчаной и полимерной загрузками. В результате проделанной работы сделан вывод о целесообразности использования в сооружениях биологической очистки для сложных многокомпонентных сточных вод комплексной загрузки, в нашем случае - из песка и пенополистирола.

#### Библиографический список

1. Дремичева Е.С. Проблемы загрязнения водоемов нефтесодержащими сточными водами промышленных предприятий и варианты их решения // Химическая безопасность. 2021. № 2. С. 66-77.
2. Самтанова Д. Э., Сангаджиева Л. Х. Влияние минерализованных пластовых вод на загрязнение почвенного покрова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2013. №. 2. С. 96-101.

3. Короткова Т. Г., Ксандопуло С. Ю., Заколюкина А. М., Самофал Д. Ю. Очистка нефтепромысловых сточных вод для закачки в пласт // Успехи современного естествознания. 2019. № 9. С. 53-57.

4. Старостина И. В., Кирюшина Н.Ю., Лушников А.С., Паленова М. А., Писклов М. А. Изучение процесса сорбции растворенных нефтепродуктов из водных сред углеродсодержащим материалом // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2022. № 3. С. 60-66.

5. Василенко Т., Мохаммед А. Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве органического удобрения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №. 6. С. 211-219.

**УДК 613.263**

Дышлюк Л.С., д-р техн. наук, доц.,

Ульрих Е.В., д-р техн. наук, доц.,

Казимириченко О.В., канд. биол. наук, доц.,

Агафонова С.В., канд. техн. наук

(Калининградский государственный технический  
университет, г. Калининград, Россия)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ, ПРОДУЦИРУЮЩИХ КСИЛАНОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ**

**Аннотация:** ксилоолигосахариды представляют значительный интерес с точки зрения их физико-химических свойств и биологической активности: пребиотической, иммуномодулирующей, противоопухолевой. Наиболее перспективным методом получения данных соединений является ферментативный гидролиз ксиланосодержащего сырья, в том числе растительных отходов. Рассмотрены ферменты, осуществляющие биодеградацию ксилана, и их микробные продуценты – бактерии и микроскопические грибы. Обозначены основные природные источники для выделения микробных штаммов, продуцирующих целевые ферменты. Сформулированы направления последующих исследований по скринингу и выделению микроорганизмов – продуцентов ксиланаз из растительных отходов Калининградской области.

**Ключевые слова:** пребиотики, ксилоолигосахариды, биодеградация, ксиланазы, глюкуронидазы, бактерии, растительные отходы.

Пребиотики представляют собой группу нутриентов, избирательно используемых микроорганизмами – представителями нормальной микрофлоры. Их взаимосвязь со здоровьем человека вызывает огромный интерес в последние годы [1]. Мировой рынок селективных

пребиотических ингредиентов оценивался в 3,4 млрд. долларов США в 2018 году, и ожидается, что к 2026 году он вырастет до 8,34 млрд. долларов США при совокупном годовом темпе роста (CAGR) на уровне 10,1% [2].

Основными группами пребиотиков являются фруктоолигосахариды (FOS), галактоолигосахариды (GOS) и ксилоолигосахариды (XOS). XOS представляют особый интерес в связи с их физико-химическими и физиологическими свойствами, полезными для здоровья человека [3]. XOS являются потенциальными агентами против нескольких желудочно-кишечных расстройств. Их употребление повышает иммунный статус [4], модулирует микробиоту кишечника и снижает риск развития рака [5]. XOS устойчивы к температурным воздействиям и кислотности.

Ксилоолигосахариды недостаточно задокументированы с точки зрения производства с существенными различиями в химической структуре, степени полимеризации и технологиях получения олигосахаридов с высоким выходом. Существует необходимость разработки альтернативных подходов к повышению эффективности процесса для удовлетворения растущего спроса на пребиотические ингредиенты.

Ксилоолигосахариды – это линейные олигосахариды, состоящие из звеньев D-ксиозы, соединенных  $\beta$ -1,4-гликозидными связями. Степень полимеризации XOS колеблется от 2 до 12; среди них выделяют ксилобиозы, ксилотриозы, ксилотетраозы, ксилопентозы, ксилогексозы и ксилогептозы [6]. Наиболее предпочтительным процессом для получения XOS в промышленном масштабе является химический синтез или ферментативный гидролиз подходящего субстрата – ксилана.

Ксилан – это основной компонент гемицеллюлоз клеточных стенок растений, гетерогликан, состоящий из линейной цепи ксилопиранозных остатков, связанных  $\beta$ -1,4-связями, с различными заместителями. Экстракцию ксилана из клеточной стенки растений можно осуществлять с использованием воды [6], щелочи [7] или диметилсульфоксида [8], горячей и холодной воды под давлением [9].

В качестве растительных отходов для получения XOS значительный интерес представляют кукурузные початки, гемицеллюлозы сахарного тростника, оболочка фундука и миндаля, оболочка каштана, пшеничные отруби, пшеничная солома, рисовая солома. В настоящее время XOS для коммерческих целей производятся путем ферментативного гидролиза ксилана кукурузных початков [10]. Напротив, другие источники, такие как жмых сахарного

тростника, кукурузная шелуха, солома зерновых, льняная стружка, пшеничные отруби, миндальная скорлупа, бамбук и т.д., еще не коммерциализированы [11].

Для биодеградации ксилана требуется набор эстераз и глюканаз. Такие ферменты продуцируются рядом бактерий и грибов и являются, в основном, внеклеточными (рисунок 1). Гликозидные связи цепи ксилана расщепляются ксиланазой с образованием небольших фрагментов, таких как ксилоза, ксилотриоза и ксилобиоза. Ксиланазы действуют на связи  $\beta$ -1,4- (или  $\beta$ -1,3) и могут быть как эндо-, так и экзоксиланазами. Эндо-1,4- $\beta$ -ксиланазы (ЕС 3.2.1.8) расщепляют  $\beta$ -1,4-связанную основную цепь ксилана случайным образом и наиболее часто исследуются в аспекте получения ксилоолигосахаридов.

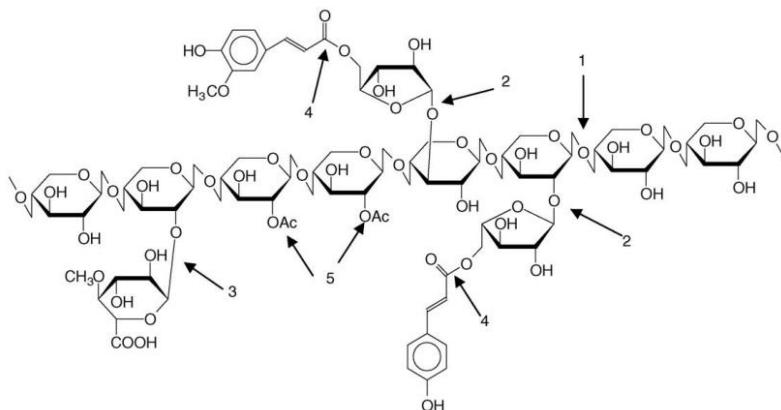


Рисунок 1. Структура ксилана и сайты действия ферментов ксиланазного комплекса: 1 – эндоксиланазы; 2 –  $\alpha$ -L-арабинофуранозидазы; 3 – глюкуронидазы; 4 – ферулоил- и кумарил-эстеразы; 5 – ацетилксиланэстеразы [12]

В ряде работ сообщалось о таких источниках ксиланаз, как грибы, бактерии, дрожжи, морские водоросли, семена растений, ракообразные, улитки. В качестве основных источников данных ферментов рассматриваются бактерии и микромицеты [13].

Ксиланолитические ферменты вырабатываются различными микроорганизмами, включая бактерии (например, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Pseudoalteromonas*, *Saccharophagus*, *Pseudomonas*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Amycolatopsis*), грибы (например, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*) [12] и дрожжи (например, *Pichia*), которые естественным образом встречаются в

различных нишах, таких как пищеварительная система насекомых (термитов), микробиота рубца, навоз, сточные воды, почва [14-16]. Следует отметить, что ксиланолитические ферменты способны продуцировать термофильные, мезофильные и психрофильные бактерии.

Известно, что ксиланазы, продуцируемые бактериями и актиномицетами (*Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Streptomyces* sp.), проявляют максимальную эффективность в диапазоне pH 5-9 и температурном диапазоне от 35 до 60 °C [13]. Благодаря термостабильности и устойчивости в щелочной среде они находят широкое применение в промышленности.

Грибы (*Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp.) являются важными объектами для извлечения ксиланаз благодаря высоким выходам и внеклеточному продуцированию ферментов. Кроме того, для грибных ксиланаз описана более высокая активность по сравнению с бактериальными или дрожжевыми. Ограничением их использования в промышленности является узкий диапазон pH от 4 до 6 и функционирование при температуре не выше 50 °C.

Естественные источники ксилана, такие как рисовая солома, рисовые отруби, пшеничная солома, пшеничные отруби, жмых сахарного тростника, кукурузные початки, стебли хлопчатника и овсяная солома являются потенциальными сырьевыми материалами, широко используемыми в качестве источника углерода, доступного во многих странах для производства ксиланаз [17-19].

Научными группами по всему миру проводятся исследования по скринингу и выделению из природных источников новых микробных штаммов, продуцирующих ферменты ксиланолитического действия. В качестве источников для выделения микроорганизмов изучались древесные термиты [20], почва рисового поля и другие почвы [21-23], стебли хлопчатника [24], кукуруза [25].

Учитывая вышеизложенное, поиск новых штаммов бактерий и микроскопических грибов, продуцирующих ферменты ксиланолитического действия, является перспективным и своевременным направлением исследований. Последующие исследования в данном направлении планируется сфокусировать на выделении микробных штаммов – продуцентов ксиланаз из агропромышленных отходов Калининградской области: кукурузных початков, оболочек каштана, пшеничных отрубей, пшеничной соломы, соевой шелухи, шелухи бобов люпина.

### **Библиографический список**

1. Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications / D. Davani-Davari [et al] // Foods. 2019. № 8. P. 92.
2. Watson J. Prebiotic ingredients market to reach USD 8.34 billion by 2026 // Reports and Data, 2019.
3. Biotechnological production of oligosaccharides – applications in the food industry / T.S.M. Meyer, A.S.M. Miguel, D.E.R. Fernandez, G.M.D. Ortiz // Food Production and Industry. 2015. № 2. P. 25-78.
4. Immunomodulatory effects of xylooligosaccharides / H.H. Chen, Y.K. Chen, H.C. Chang, S.Y. Lin // Food Science and Technology Research. 2012. № 18. P. 195-199.
5. Induction of apoptosis in MCF-7 cells by  $\beta$ -1, 3-xylooligosaccharides prepared from *Caulerpa lentillifera* / R. Maeda, T. Ida, H. Ihara, T. Sakamoto // Bioscience Biotechnology & Biochemistry. 2012. № 76. P. 1032-1034.
6. Prebiotic potential of xylooligosaccharides derived from finger millet seed coat / A. Palaniappan, V.G. Balasubramaniam, U. Antony // Food Biotechnology. 2017. № 31. P. 264-280.
7. Alkaline extraction and carboxymethylation of xylans from corn fiber / N.R. de Mattos, J.L. Colodette, C.R. de Oliveira // Cellulose. 2019. № 26. P. 2177-2189.
8. Fractionation of DMSO-extracted and NaOH-extracted hemicelluloses by gradient ethanol precipitation from *Neosino calamus* affinis / G. Fu [et al] // International Journal of Polymer Science. 2018, 10.1155/2018/9587042.
9. Pressurised hot water extraction of acetylated xylan from birch sawdust / P. Kilpelainen [et al] // Nordic Pulp and Paper Research Journal. 2012. № 27. P. 680-688.
10. Prebiotics: Inulin and other oligosaccharides the microbiota in gastrointestinal pathophysiology / S. Mitmesser, M. Combs // Academic Press. 2017. P. 201-208.
11. Xylooligosaccharides as prebiotics from agricultural by-products: Production and applications / A.K. Samanta [et al] // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2015. № 5. P. 62-71.
12. The xylanolytic enzyme system from the genus *Penicillium* / R. Chavez, P. Bull, J. Eyzaguirre // Journal of Biotechnology. 2006. № 123. P. 413–433.
13. Mandal A. Review on microbial xylanases and their applications // International Journal of Life Sciences. 2015. № 4(3). P. 178-187.
14. Thermostable xylanases from thermophilic fungi and bacteria: current perspective / B.S. Chadha [et al] // Bioresour Technol. 2019. № 277. P. 195–203.
15. Microbial cellulolytic enzymes: diversity and biotechnology with reference to lignocellulosic biomass degradation / S. Thapa [et al] // Rev Environ Sci Biotechnol. 2020. № 19. P. 621–648.
16. Microbial xylanases and their industrial application in pulp and paper biobleaching: a review / A. Walia, S. Guleria, P. Mehta, A. Chauhan, J. Parkash // Biotech. 2011. № 7(1). P. 11.

17. Characterization of specific activities and hydrolytic properties of cell-wall-degrading enzymes produced by *Trichoderma reesei* Rut C30 on different carbon sources / B. Sipos [et al] // Appl Biochem Biotechnol. 2020. № 161(1-8). P. 347–364.
18. An isolated *Amycolatopsis* sp. GDS for cellulase and xylanase production using agricultural waste biomass / S.D. Kshirsagar [et al] // J Appl Microbiol. 2015. № 120(1). P. 112–125.
19. Subtract and temperature effect on xylanase production by *Aspergillus fumigatus* using low-cost agricultural wastes / A.F.S. Gomes, B.S.L. dos Santos, E.G. Ranscicon, M.A. Baffi // Biosci J. 2016. № 32(4). P. 915–921.
20. Valorisation of wheat straw and bioethanol production by a novel xylanase and cellulase-producing *Streptomyces* strain isolated from the wood-feeding termite, *Microcerotermes* species / B. Danso, S.S. Ali, R. Xie, J. Sun // Fuel. 2020. 310, Part A, 15.
21. *Paenibacillus barcinonensis* sp. nov., a xylanase-producing bacterium isolated from a rice field in the Ebro River delta / M.M. Sa'ñchez [et al] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2005. № 55. P. 935–939.
22. A novel strain of *Streptomyces malaysiensis* isolated from Brazilian soil produces high endo-b-1,4-xylanase titres / R. P. do Nascimento [et al] // World Journal of Microbiology & Biotechnology. 2003. № 19. P. 879–881.
23. Novel xylanase producing *Bacillus* strain X2: molecular phylogenetic analysis and its application for production of xylooligosaccharides / C. Dhruw, K. Husain, V. Kumar, V.C. Sonawane // Biotech. 2020. № 10. P. 328.
24. Isolation, purification, and characterization of a thermostable xylanase from a novel strain, *Paenibacillus campinasensis* G1-1 / H. Zheng [et al] // J. Microbiol. Biotechnol. 2012. № 22(7). P. 930–938.
25. Functional characterization of a novel xylanase from a corn strain of *Erwinia chrysanthemi* / J.C. Hurlbert, J.F. Preston // Journal of Bacteriology. 2001. № 183(6). P. 2093–2100.

**УДК 666.97**

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,  
 Сумской Д.А., канд. техн. наук, ст. преп.,  
 Дудин А.Д., аспирант,  
 Свиридов И.В., аспирант  
 (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ГИДРАТАЦИИ ВЯЖУЩИХ  
 КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ  
 ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТОВОГО ПЕСКА**

*Аннотация: Процессы, которые проходят при гидратации портландцемента, очень сложны по причине одновременного протекания множества*

*взаимодействий элементов системы, которые перекрываюсь, воздействуют друг на друга одновременно при ограниченном объеме воды.*

*Ключевые слова: вяжущая композиция, отходы вспученного перлитового песка, рентгенофазовый анализ, процессы гидратации, портландит, гидросиликаты кальция, этtringит, микроструктура.*

Процессы, которые проходят при гидратации портландцемента, очень сложны по причине одновременного протекания множества взаимодействий элементов системы, которые перекрываюсь, воздействуют друг на друга одновременно при ограниченном объеме воды. Значительно труднее проходят процессы гидратации и последующего твердения в вяжущих композициях (ВК), при введении дополнительных минеральных компонентов разных по химическому составу, строению и свойствам в уже сложную систему. Число продуктов гидратации, а также их минеральный состав меняется в зависимости от объема воды в системе.

Изучением процессов гидратации и формированием структуры цементного теста и камня занимаются многие ученые [1-3]. Среди специалистов-силикатчиков до сих пор не принято единой теории формирования внутренней структуры цементного камня, хотя существуют различные классические теории и подходы.

В процессе образования цементного камня формируются различные виды структур: условно-коагуляционные, коагуляционные, конденсационные, кристаллизационно-конденсационные, которые накладываются друг на друга, определенным образом изменения систему, но каждая вносит свой вклад в формирование прочности композита в зависимости от водоцементного отношения, химического и минерального состава цементного композита, условий и продолжительности твердения.

Особенно осложняется изучение этих процессов при введении различных минеральных добавок, вносящих свои особенности в формирование структуры цементного камня.

Исследования показали [3], что присутствие в цементном камне гидросиликатов повышенной основности или свободного гидроксида кальция, обеспечивает высокую долговечность композиту. В случае присутствия в системе гидросиликатов пониженной основности, будет складываться тенденция к снижению прочности, что, вероятно, связано с изоморфным замещением кристаллов гидросиликатов кристаллами карбоната кальция.

Проведены исследования по изучению влияния разработанных композиционных вяжущих, имеющих в своем составе минеральные

частицы различных минералов, которые создают определенный эффект внутренних микронаполнителей, обеспечивая требуемые свойства создаваемому композиту.

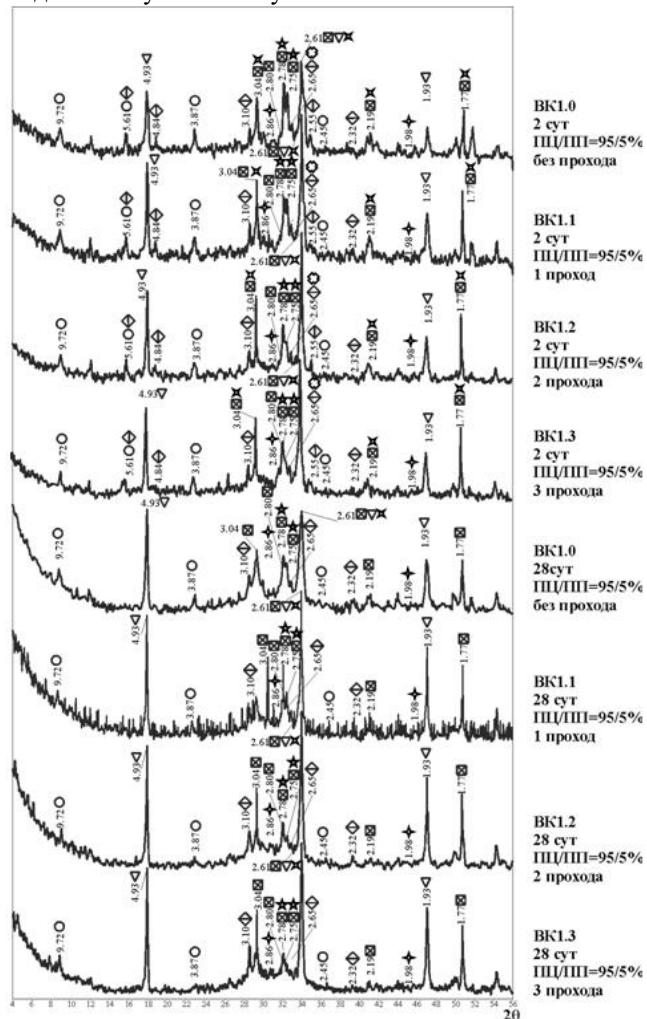


Рисунок 1. Дифрактограммы гидратированных исходной и механоактивированных вяжущих композиций ВК

Методом рентгенофазового анализа изучены процессы гидратации и вяжущих композиций (рис. 1). Результаты минерального состава кристаллических новообразований гидратированных портландцементов – ПЦ (1-4, таблица 1) и вяжущих композиций – ВК (5-16, таблица 1), полученных на основе портландцемента и минеральной добавки – отходов производства перлитового песка – ОП представлены на рис. 1.

Изучение дифрактограмм ВК с соотношением ПЦ/ОП=95/5%, полученных путем измельчения в ВСМ пропуском от одного до трех раз, в возрасте 2-х сут показало, что при повышении количества проходов дифракционные пики, характерные для портландита уменьшаются до 40%, что можно объяснить повышением удельной поверхности ВК. Интенсивности дифракционных пиков, которые соответствуют возникающим гидросиликатам кальция, в систему увеличивается до 40% по мере снижения числа проходов в сравнении с не механизированной ВК. Увеличение количества проходов рассматриваемых составов не сказывается на изменении содержания этtringита. Усилинию начальной скорости гидратации предшествует рост тонкости помола ВК.

При достижении 28 суток твердения интенсивность дифракционных пиков портландита повышается до 20% в зависимости от количества проходов в ВСМ, а интенсивность дифракционных максимумов, характерных для гидросиликатов кальция возрастает до 35% при одном проходе в сравнении с начальным составом вяжущей композиции, прочностные характеристики ВК активированных в мельнице возрастают до 50% по сравнению с ВК рядовой (не измельченной). Количественное содержание этtringита остается на том же уровне.

Установлена наиболее рациональная вяжущая композиция по составу (№6), механизации и максимальной прочностью при сжатии в 28 суточном возрасте – 69,1 МПа. Данную вяжущую композицию целесообразно рекомендовать для последующих исследований при получении теплоизоляционных растворов.

Комплексные исследования продуктов гидратации методом рентгенофазового анализа и электронной микроскопии свидетельствуют, что использование высокодисперсных отходов производства вспученного перлитового песка в вяжущих композициях позволяет увеличить содержание гидратных новообразований, вследствие повышения степени гидратации основных клинкерных фаз, а также из-за пущоланической активности этих отходов.

Таблица 1. Свойства вяжущих композиций и цементов

№ соста- вов	Наименование составов	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$R_{сж}$ , МПа	
			через 2 сут	через 28 сут
1	ПЦ0 (без прохода)	2,3	40,1	43,1
2	ПЦ1=>(1 проход)	2,1	46,3	47,2
3	ПЦ2=>(2 проход)	2,1	45,5	49,0
4	ПЦ3=>(3 проход)	2,1	48,4	50,1
5	ВК1.0=>ПЦ/ПП=95/5% (без прохода)	1,8	13,6	25,8
6	ВК1.1=>ПЦ/ПП=95/5% (1 проход)	2,0	41,9	51,6
7	ВК1.2=>ПЦ/ПП=95/5% (2 проход)	2,0	34,8	38,1
8	ВК1.3=>ПЦ/ПП=95/5% (3 проход)	2,0	42,2	52,0
9	ВК 2.0=>ПЦ/ПП=92,5/7,5% (без прохода)	1,7	6,9	13,2
10	ВК2.1=>ПЦ/ПП=92,5/7,5% (1 проход)	1,9	31,9	38,0
11	ВК2.2=>ПЦ/ПП=92,5/7,5% (2 проход)	2,0	20,0	41,8
12	ВК2.3=>ПЦ/ПП=92,5/7,5% (3 проход)	2,0	23,4	31,6
13	ВК3.0=>ПЦ/ПП=90/10% (без прохода)	1,6	5,8	13,2
14	ВК3.1=>ПЦ/ПП=90/10% (1 проход)	1,8	23,8	45,5
15	ВК3.2=>ПЦ/ПП=90/10% (2 проход)	2,0	15,3	53,3
16	ВК3.3=>ПЦ/ПП=90/10% (3 проход)	2,0	21,8	47,8

Примечание: индекс в аbbревиатуре ПЦ означает количество проходов через вихревую струйную мельницу (0 – без прохода, 1 – один проход, 2 – два прохода, 3 – три прохода); первый индекс в аbbревиатуре ВК означает один из вариантов процентного соотношения портландцемента и отходов производства вспученного перлитового песка в составе ВК (1 – соотношение портландцемента и отходов производства вспученного перлитового песка 95/5%, 2 – 92,5/7,5%, 3 – 90/10%); второй индекс в аbbревиатуре ВК – количество проходов через вихревую струйную мельницу (0 – без прохода, 1 – один проход, 2 – два прохода, 3 – три прохода)

Установлено, что при твердении цементных вяжущих композиций, приготовленных с использованием различного количества минеральных отходов – вспученного перлитового песка имеют место основные процессы, присущие классической гидратации обычного портландцемента.

Отмечается, что используемая минеральная добавка не влияет на последовательность основных химических взаимодействий в системе, но при этом скорость протекания реакции увеличивается.

Повышение реакционной способности в системе вяжущих композиций объясняется комплексным действием минеральных добавок, оказывающих на первом этапе разобщающее действие в системе, так как вначале они работает, как мельчайший наполнитель, разбивая цементные частицы и обеспечивая доступ воды к ним, и на втором этапе, работают как гидравлическая добавка, поглощая

Ca(OH)<sub>2</sub>, из данной системы и выводя гидроксид кальция из реакционной сферы, ускоряя этим процесс гидролиза C<sub>3</sub>S и C<sub>3</sub>A.

Таким образом, при твердении цементных вяжущих композиций, приготовленных с использованием различного количества минеральных отходов - вспученного перлитового песка имеют место основные процессы, присущие классической гидратации обычного портландцемента, а также особенности, обусловленные формированием высокоосновных гидратных новообразований и интенсивным протеканием ионообменных процессов с участием перлитовой минеральной добавки.

#### **Библиографический список**

1. Сумской Д.А. Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. №2. С. 283-289.
2. Демьянова В.С., Калашников В.И., Борисов А.А. Об использовании дисперсных наполнителей в цементных системах // Жилищное строительство. 1999. № 1. С. 17–18.
3. Терликовский Е.В., Третник В.Ю. Использование механической активации для модифицирования неорганических материалов // Тезисы докладов V Всесоюзного семинара 8–10 сентября 1987 г. Таллин. 1987. С. 27–28.

**УДК 666.97**

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,  
Щекина А.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Сумской Д.А., канд. техн. наук, ст. преп.,  
Свиридов И.В., аспирант  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ДЛЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ НАПОЛЬНЫХ СТЯЖЕК**

*Аннотация: по области применения сухие строительные смеси подразделяют на три основные группы: общестроительные, специальные строительные, не строительные. Особое место в этой классификации занимают общестроительные, в частности смеси для устройства полов.*

*Ключевые слова: сухие строительные смеси, отходы флотационного обогащения железных руд, наливной пол*

Наливные полы являются одним из самых сложных и чувствительных к колебаниям качества сырья видов сухих смесей.

Главными критериями хорошего качества являются: достаточное, но не слишком продолжительное время растекания массы; отсутствие или хотя бы минимальные величины усадки или расширения массы; отсутствие седиментации (расслоения) крупных и мелких фракций; создание условий для равномерного удаления остаточной воды; отсутствие трещин при отвердевании массы; незначительное количество пены.

Для получения сухих строительных смесей для устройства стяжек использовались следующие материалы: разработанное ранее композиционное вяжущее [1-3] в качестве вяжущего; отходы флотационного обогащения железных руд фракции 0...0,315 мм в качестве минерального наполнителя; отходы флотационного обогащения железных руд фракции 0,5...0,9 мм в качестве мелкого заполнителя; отходы флотационного обогащения железных руд фракции 2...5 мм в качестве крупного заполнителя.

Разработанное ранее композиционное вяжущее вещество было получено совместным помолом (30 мин) в вибрационной мельнице портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 Н, ОАО и отходов флотационного обогащения железных руд, и последующим введением комплекса тщательно подобранных химических добавок. Подбор оптимальных составов сухих смесей и исследование влияния отдельных компонентов на технологические и физико - механические свойства получаемых на их основе растворов осуществлялось методом математического планирования эксперимента. Крупный заполнитель (отход флотационного обогащения железных руд фракции 2...5 мм) вводился во все смеси в количестве 10 %. В качестве факторов варьирования были приняты расходы композиционного вяжущего, отходов флотационного обогащения железных руд фракций 0...0,315мм и 0,5...0,9 мм. В соответствии с матрицей планирования были рассчитаны 17 составов сухих строительных смесей для эксперимента, содержащих цемент типа ЦЕМ I 42,5 Н, отход флотационного обогащения железных руд фракции 0...0,315мм, отход флотационного обогащения железных руд фракции 0,5...0,9мм, а также отход флотационного обогащения железных руд фракции 2...5 мм в количестве 10 % во всех составах. Выходными параметрами для подбора оптимального состава служили средняя плотность и средняя прочность на сжатие.

Было заформовано 17 серий образцов, которые выдерживались в нормальных условиях твердения в течение 28 суток, после чего были определены их физико-механические характеристики.

После статистической обработки результатов экспериментов получены математические модели изменения физико-механических свойств растворов для устройства стяжек:

$$y=2410,7+125,1 \cdot x_1 - 34,3 \cdot x_2 - 4,1 \cdot x_3 - 51,1292 \cdot x_1^2 - 122,129 \cdot x_2^2 - 7,129 \cdot x_3^2 + 16 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,25 \cdot x_1 \cdot x_3 - x_2 \cdot x_3$$

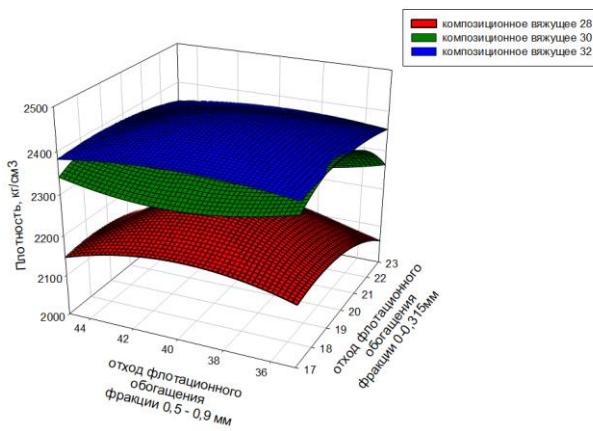
Анализ влияния исследуемых факторов на среднюю плотность раствора согласно уравнения регрессии представлены на (рис. 1, а). Оптимальным является состав, содержащий около 20% наполнителя.

Комплексное влияние исследуемых факторов на среднюю плотность раствора по уравнению регрессии анализировалось по номограмме (рис. 1, а). Номограмма позволяет оптимизировать технологический процесс и эффективно им управлять. При использовании номограммы можно поддерживать на заданном уровне выходной параметр, изменения соответствующим образом факторы, входящие в уравнение регрессии. Таким образом, меняя соотношение компонентов сухой смеси, можно обеспечить требуемую плотность раствора при оптимальном соотношении компонентов смеси.

Уравнение регрессии прочности раствора на сжатие имеет вид:

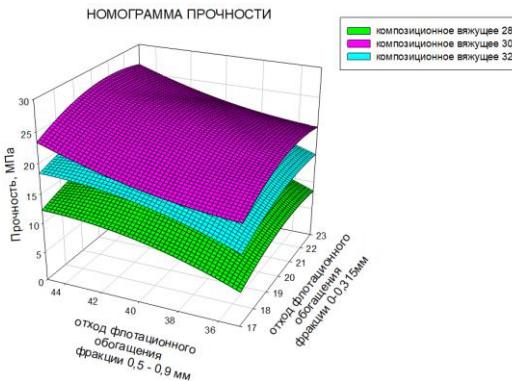
$$y=22,863 + 3,011 \cdot x_1 + 1,364 \cdot x_2 + 3,155 \cdot x_3 - 5,5631 \cdot x_1^2 - 3,4981 \cdot x_2^2 - 0,133 \cdot x_3^2 - 0,0463 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0938 \cdot x_2 \cdot x_3$$

НОМОГРАММА ПЛОТНОСТИ



а)

Рисунок 1. Зависимость плотности (а) и прочности (б) раствора от содержания: композиционного вяжущего, наполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 0...0,315мм) и мелкого заполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 0,5...0,9 мм) (начало)



б)

Рисунок 1. Зависимость плотности (а) и прочности (б) раствора от содержания: композиционного вяжущего, наполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 0...0,315мм) и мелкого заполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 0,5...0,9 мм) (окончание)

Комплексное влияние исследуемых факторов на среднюю прочность раствора по уравнению регрессии анализировалось по номограмме (рис. 1, б). Содержание наполнителя в количестве около 20% обеспечивает максимальную прочность при оптимальных параметрах.

Выявленные закономерности изменения свойств растворов для наливных полов на основе полученных математических зависимостей и их графические интерпретации позволяют дать количественную и качественную оценку влияния каждого фактора в отдельности, а также в их совокупности на изменение системы «состав-свойства» и рекомендуются для расчета производственных рецептур сухих смесей и прогнозирования их физико-механических свойств.

В результате анализа экспериментальных данных (рис.1,а. и 1,б.) определены оптимальные дозировки минеральных компонентов смеси: вяжущего (композиционного вяжущего) –  $27\pm1\%$ , наполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 0...0,315мм) –  $18\pm1\%$ , мелкого заполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции и фракции 0,5...0,9 мм) –  $35\pm1\%$  и крупного заполнителя (отхода флотационного обогащения железных руд фракции 2...5 мм –  $10\pm1\%$ ).

Затвердевший раствор для наливных полов на основе этой рецептуры имеет выходные параметры: плотность –  $2220\text{ кг/м}^3$ , прочность при сжатии –  $18,69\text{ МПа}$ .

Разработанный оптимальный состав сухой смеси для самовыравнивающихся напольных покрытий испытаны в соответствии с требованиями ГОСТ 31356-2007, ГОСТ 5802-86. Результаты физико-механических испытаний смеси приведены в табл. 1 и соответствуют требованиям ГОСТ 31357-2007 и ГОСТ 31358-2007. Основные показатели напольных смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные показатели напольных смесей

	Значение показателя		Обозначения
	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 31357-2007, ГОСТ 31358-2007	
<b>1 Качество смеси в сухом состоянии</b>			
1.1. Влажность, %	0,2	0,3	
1.2. Наибольшая крупность зерен заполнения, $D_{\text{наиб}}$ , мм	0,5-0,9	Не более 5	
1.3. Содержание зерен наибольшей крупности, %	5	Не более 5	
<b>2 Качество смеси, готовность к употреблению</b>			
2.1. Подвижность, расплыв кольца, см	17,5	15-18	Рк3
2.2. Сохраняемость первоначальной подвижности, мин	45	45	
2.3. Водоудерживающая способность, %	99	Не менее 90	
<b>3 Качество затвердевшего раствора</b>			
3.1. Прочность на сжатия, МПа	25,4	Не ниже В15 (М200)	
3.2. Водопоглощение, %	14	15	
3.3. Прочность сцепления с основанием, МПа	0,9	Не менее 0,6	
3.4. Истираемость, $\text{см}^3$	2,0	Не более 12	класс-А12
3.5. Деформации усадки, $\text{мм}/\text{м}$	0,7	Не более 1,0	

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны и предложены рациональные составы сухих строительных смесей для самовыравнивающихся напольных покрытий с использованием в составе техногенного сырья – отходов флотационного обогащения хвостов мокрой магнитной сепарации железных руд в качестве минерального наполнителя, крупного и

мелкого заполнителей. Разработанное композиционное вяжущее вещество, используемое для приготовления сухих напольных смесей, содержит в своем составе отходы флотационного обогащения хвостов мокрой магнитной сепарации железных руд. Использование значительных объемов отходов горнорудной промышленности в составах сухих строительных смесей - одно из наиболее рациональных путей их. Установлено, что физико-механические показатели напольных покрытий отвечают нормативным требованиям, что позволяет рекомендовать разработанные составы для апробирования в промышленных условиях.

### **Библиографический список**

1. Шаповалов, Н.А. Микроструктура продуктов гидратации цемента, содержащего отходы флотационного обогащения железных руд/ Н.А. Шаповалов, Л.Х. Загороднюк, А.Ю. Щекина, М.С. Агеева// Вестник БГТУ им. Шухова. – 2013. №5. - С. 57-63.
2. Шаповалов, Н.А. Исследование возможности использования отходов флотации железных руд для получения смешанных цементов/ Н.А. Шаповалов, Л.Х. Загороднюк, И.В. Тикунова, А.Ю. Щекина, О.И. Ширяев, А.А. Крайний, Д.Ю. Попов, А.И. Городов// Фундаментальные исследования. - 2013, №10 (часть 8). - С. 1718-1723.
3. Shapovalov, N.A. Enriched Waste Products of Neon-Ferrous Oxidised Quartzites-A Mineral Cement Mixtures Storage/ N.A. Shapovalov, L.H. Zagorodnyuk, A.Y. Shchekina // World Applied Sciences Journal. 2013.T.25. №3. С.529-535.

**УДК 669-1**

**Золотухин В.С., студент.**

*(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ШЛАМА**

*Аннотация: в данной статье разработан способ утилизации гальванического шлама, при помощи которого возможно решить проблему воздействия биологической коррозии на различные строительные материалы.*

*Ключевые гальванический шлам, утилизация, биокоррозия, отход.*

С развитием промышленной инфраструктуры, к сожалению, возникают негативные последствия, например, образование отходов и проблема их утилизации. Зачастую, образовавшийся отход имеет в своём составе ряд полезных компонентов, которые могут вновь быть использованы. Одним из таких отходов является гальванический шлам. Гальванишламы – это крайне токсичные отходы

промышленного производства (машиностроение, изготовление оцинкованных деталей) по внешнему виду напоминающие пастообразную структуру темных оттенков. Однако состав данного отхода очень богат различными металлами. Неправильная его утилизация способна оказать губительное действие на окружающую среду, в том числе и на здоровье человека. Ионы тяжёлых металлов, входящие в состав шлама, пагубно воздействуют на микроорганизмы, которые используются в очистке сточных вод, что будет замедлять и не давать должный эффект очищения. Таким образом, проблема утилизации отхода требует не отложенного решения [1].

Существует несколько путей решения данной проблемы. Шламы, образующиеся в стоках гальванических производств, могут быть использованы в качестве сырьевого материала для получения строительных составляющих. Шламы, имеющие в своём составе оксиды железа или цветные металлы могут использоваться для получения пигментов, применяемых в производстве красок и цветных глазурей, также шламы могут являться исходным материалом, синтезирующемся для термоустойчивых неорганических пигментов. Менее популярными направлениями утилизации гальванического шлама являются области производства катализаторов и неорганических клеев. Отсутствие перспективности объясняется большим количеством получаемого отхода, то есть его использование в этой структуре не требует больших объемов. Более целесообразным будут являться направления упомянутые выше. Ещё одним не менее интересным способом переработки шлама служит его добавление в бетонную смесь. Эффективность направления заключается в снижении использования воды и увеличении прочности материала. Аналогичное применение находит свои преимущества в производстве асфальтобетонных смесей.

Вопрос утилизации гальванишлама ищет ответы и за рубежом. Таким образом, греческие ученые смогли выделить редкие и крайне востребованные металлы, которые используются при производстве гаджетов: титан, кремний, скандий [2].

Нами был разработан ещё один способ утилизации шлама, позволяющий не только применить утилизируемый отход, но и создать метод борьбы с биокоррозией материалов.

Исследуемым объектом являлся гальванический шлам предприятия ЗАО «Сокол – АТС» г. Белгород. Предварительно высушенный и измельченный шлам в количестве 20 г с добавлением 20 см<sup>3</sup> азотной кислоты внесли в реактор с постоянным перемешиванием. По истечении 1 часа добавили аммиачный раствор по каплям до

нейтрализации  $\text{pH}=5$ . Дали раствору отстояться после чего жидкую суспензию использовали для нанесения покрытия на стальные детали и на облицовочную керамическую плитку. Высушенные на воздухе изделия поместили в муфель, нагрев производили до  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . После остывания исследуемые образцы поместили в предварительно подготовленные чашки Петри со средой Чапека и высевали на них и среду грибы рода *Aspergillus niger*. Чашки с контрольными образцами поместили в термостат с температурой  $29\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и влажность 80-90 %. Испытание проводили в течение 28 суток с промежуточным контролем на 14 сутки. Для сравнения аналогичным путём нами были сделаны образцы. Результаты испытания представлены на рисунке 1. Результаты сравнения приведены на рисунке 2.

Из представленных результатов следует, что покрытия на основе гальванического шлама обладают биоцидными свойствами, способными защищать строительные материалы от воздействия микроорганизмов, водорослей и коррозии в целом во влажной и теплой среде.

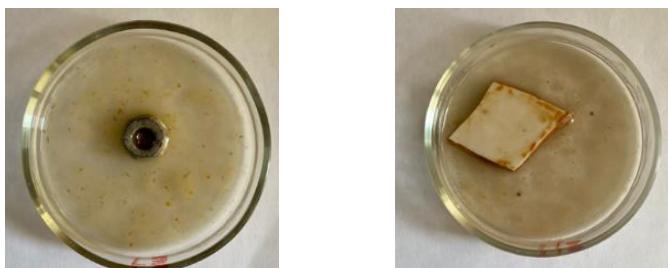


Рисунок 1. Образцы с покрытием на основе гальванического шлама



Рисунок 2. Образцы без покрытия

Предложенный способ утилизации шлама является экономически выгодным и наиболее простым для производств, хранящих отход в специальных отстойниках, вместо его утилизации. Рациональное использование шлама способствует решению не только финансовых,

но и экологических проблем, связанных с негативным воздействием микроорганизмов на строительные материалы [3].

### **Библиографический список**

1. Насирова Нилуфархон Кабилджановна, Мухамедов Кабилджан Гафурович, Муталов Шухратжон Ахмаджанович, Мухамедов Жамолиддин Кабилджанович УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА // Universum: технические науки. 2021. №12-5 (93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsii-shlamov-galvanicheskogo-proizvodstva> (дата обращения: 29.03.2023).
2. GREENOMAK Экологические проблемы : сайт. – URL: <https://greenomak.ru/> (дата обращения: 28.03.2023)
3. Токач Ю.Е., Рубанов Ю.К., Василенко М.И., Гончарова Е.Н. К решению вопроса о создании строительных композиционных материалов с высокой активной защитой от микробиологического воздействия/ Секция – Фундаментальные и прикладные аспекты современных экологобиологических исследований //Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

### **УДК 579.695**

**Каманина О. А., к.х.н., доц., в.н.с.,  
Яковский Д. С., студент,  
Ланцова Е.А., аспирант, м.н.с.**

*(Тульский государственный университет, лаборатория  
биологически активных соединений и биокомпозитов, Тула,  
Россия)*

### **УТИЛИЗАЦИЯ АНИОННЫХ ПАВ ДРОЖЖЕВЫМИ КЛЕТКАМИ ARXULA ADENINIVORANS И DEBARYOMYCES HANSENII**

*Аннотация: Для обеспечения экологического контроля и поиска мер очистки водных ресурсов ведутся разработки методов для более экспрессной и эффективной оценки степени загрязнения воды. Ввиду этого, возникает необходимость разработки простого и чувствительного метода определения загрязнения водоёмов. Таким методом является метод определения с помощью биосенсоров на основе бактерий, способных метаболизировать широкий диапазон органических соединений. При сравнении дрожжей *Debaryomyces hansenii* BKM Y-2482 и *Arxula adeninivorans* BKM Y-2677 последние показали большую биокаталитическую активность по отношению к анионным ПАВ.*

*Ключевые слова: биосенсор, определение ПАВ, адсорбция*

В связи с пагубным влиянием антропогенных факторов на окружающую среду, а именно загрязнением стоками промышленных предприятий различных природных водоемов, возникает

необходимость разработки простого и чувствительного метода определения загрязнения водоёмов [1]. В состав сточных вод могут входить поверхностно-активные вещества (ПАВ). ПАВ могут негативно воздействовать на состояние окружающей среды, нанося вред водным экосистемам и животному миру в частности [2]. Одним из перспективных методов является биосенсорный, в основе которого лежит дыхательная активность микроорганизмов, в качестве аналитического сигнала используют скорость изменения концентрации растворенного кислорода при добавлении субстратов [3]. Однако на данный момент всё ещё ведется анализ более подходящего биоматериала, способного окислять ПАВ [4].

Целью настоящей работы явилось изучение окислительной активности дрожжей, иммобилизованных методом адсорбции. В качестве биоматериала были выбраны дрожжи *Arxula adeninivorans* ВКМ Y-2677 и *Debaryomyces hansenii* ВКМ Y-2482. Для более стабильного функционирования в составе биорецепторного элемента клетки дрожжей были иммобилизованы на стекловолоконном фильтре методом физической адсорбции. Полученный биорецептор помещался между полупроницаемой мембраной электрода типа Кларка и защитным колпачком кислородного электрода.

В качестве обратимого был выбран метод адсорбции так как его методика проста, адсорбированный материал очень чувствителен к концентрации субстрата, а также данный метод подходит для начальных этапов исследования. Однако он имеет ряд недостатков: адсорбированный материал недолговечен, может происходить десорбция с электрода, адсорбированный материал очень чувствителен к изменениям pH и температуры.

Для определения субстратной специфичности использовались 1M растворы додецилсульфата натрия (ДДС), додецилбензосульфата натрия (ДДБС) и глюкозы. Диаграммы полученной субстратной специфичности представлены на рисунке 1.

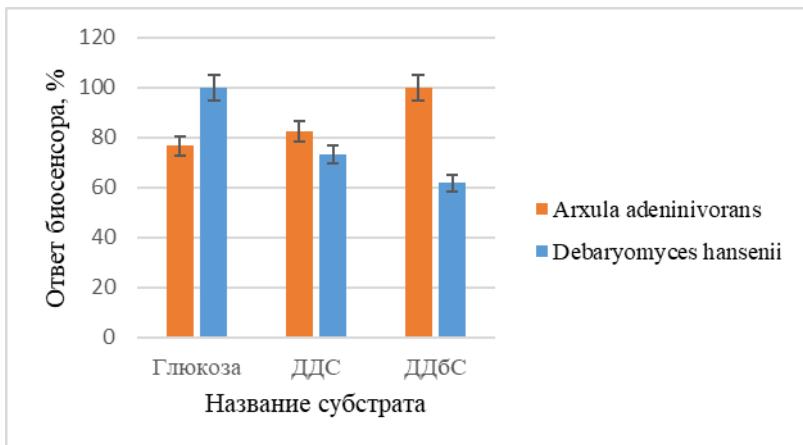


Рисунок 1. Субстратная специфичность дрожжей *Arxula adeninivorans* BKM и *Debaryomyces hansenii*

Исходя из полученных данных была выявлена способность дрожжей *A. adeninivorans* окислять ДДБС, благодаря чему было принято решение продолжать работу с клетками именно этих дрожжей.

По полученным экспериментальным данным была построена градуировочная зависимость отклика биосенсора от концентрации выбранных субстратов (рис. 2).

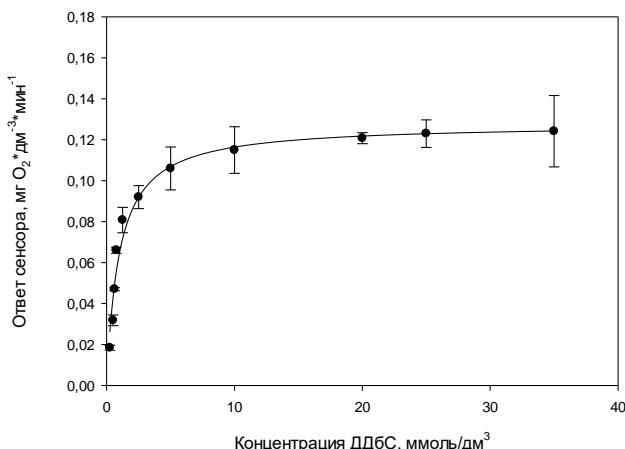


Рисунок 2. Градуировочная зависимость дрожжей *Arxula adeninivorans*

Для снижения количества ошибок при анализе ограничиваются использованием линейного участка градуировочной кривой, верхней границей которой является значение константы Михаэлиса (рис. 3).

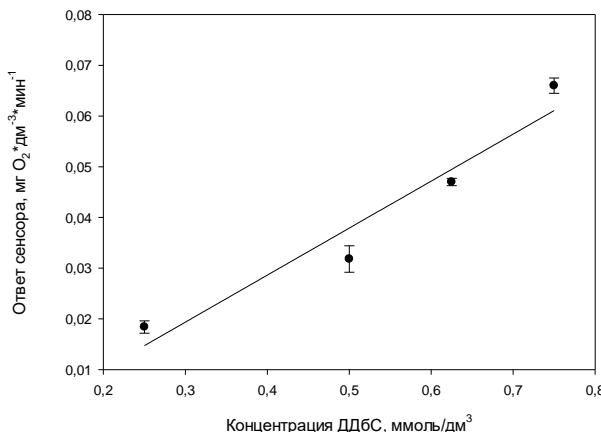


Рисунок 3. Линейный участок градуировочной кривой для *Arxula adeninivorans*

Для разрабатываемого биосенсора с клетками *Arxula adeninivorans* коэффициент чувствительности составляет  $0,097 \pm 0,009$  мг (O<sub>2</sub>)/мин·ммоль, верхняя граница определяемых концентраций равна  $1,0 \pm 0,1$  ммоль/дм<sup>3</sup>. Нижняя граница диапазона определяемых концентраций равна 0,05 ммоль/дм<sup>3</sup> соответственно.

Дрожжи *Arxula adeninivorans* ВКМ Y-2677 показали лучшую окислительную активность по отношению анионных ПАВ по сравнению с клетками дрожжей *Debaryomyces hansenii* ВКМ Y-2482. Исходя из этого, можно судить, что данный штамм дрожжей лучше подходит для детекции и очистки сточных вод от загрязняющих их ПАВ. Клетки *A. Adeninivorans*, иммобилизованные на стекловолоконный фильтр, были использованы в качестве биорецепторного элемента в составе биосенсора. Для полученного биосенсора были определены параметры чувствительности.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, РНФ № 22-23-20129, <https://rscf.ru/project/22-23-20129> и поддержки правительства Тульской области.

#### Библиографический список

1. Boretti A., Rosa L. Reassessing the projections of the world water development report //NPJ Clean Water. 2019. Т. 2. №. 1. Р. 15.

2. Mustapha D. S., Bawa-Allah K. A. Differential toxicities of anionic and nonionic surfactants in fish //Environmental Science and Pollution Research. 2020. Т. 27. №. 14. Р. 16754-16762.
3. An overview to electrochemical biosensors and sensors for the detection of environmental contaminants / Khanmohammadi A. [et al] // Journal of the Iranian Chemical Society. 2020. Т. 17. Р. 2429-2447.
4. BIOSENSORS FOR THE ENVIRONMENTAL POLLUTION DETECTION AND MONITORING / Arshad I. [et al] //Agricultural Sciences Journal. 2022. Т. 4. №. 1. Р. 39-51.

**УДК 664.162**

**Клименко М.А., студент**  
**Малыхина А.И., студент**  
**БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия**

## **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ МАРМЕЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫРЕЯ ПОЛЗУЧЕГО В КАЧЕСТВЕ УГЛЕВОДНОЙ ДОБАВКИ**

*Аннотация: В работе исследована возможность использования пырея ползучего в производстве кондитерских изделий, в частности, мармелада, для людей с сахарным диабетом, а также способ его переработки.*

*Ключевые слова: пырей ползучий, углеводная добавка, пектин, мармелад.*

Одним из наиболее вредоносных растений, оказывающий угнетающее действие на культуры и вызывающий у них различные болезни, является пырей ползучий - *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Достигая своего пика, данный сорт способен вытеснить всю растительность других видов. Пырей не привередлив в выборе почвы, на которой будет развиваться, но несмотря на это, почвенные ресурсы он значительно истощает. Однако среди многочисленных недостатков данной многолетней культуры выделяют существенные преимущества. Благодаря этому пырей можно использовать в различных отраслях производства. Выбирая более узкую направленность, мы остановились на пищевой промышленности, а именно изготовление кондитерских изделий [1].

Среди многообразия кондитерских изделий одним из самых востребованных является мармелад, рецептура которого может быть изменена с учетом запроса потребителей. В состав мармелада входят желирующие вещества, углеводы и всевозможные добавки, изменяющие его вкус и цвет. Как правило, в качестве углеводов используют сахар и патоку, которая не всегда полезна людям,

страдающим сахарным диабетом. Использованию в рецептуре мармелада сахарозамещающих веществ, полученных из экстрактов пырея и посвящена данная работа.

Согласно литературным данным [2], корневища пырея ползучего содержит 10 % полисахарида тритицин  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , 3-4% левулезы, около 3% фруктозы, 2,5-3% маннита и другие углеводы. Кроме того, корневища пырея используются в народной медицине при сахарном диабете, а также при выпечке хлебобулочных изделий. Все это в совокупности делает пырей интересным объектом исследования.

Углеводные экстракты получали с применением в качестве экстрагентов воду и спирт. Предварительный качественный анализ с использованием реактива Фелинга показал наличие углеводов в экстракте. Поэтому необходимо было выполнить их количественное определение. Для этих целей применяли фотометрический метод с использованием резорцинового реагента. В качестве стандартных растворов для построения градуировочной зависимости были использованы растворы сахарозы.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты анализа

№	Концентрация углеводов, мг/мл	Содержание углеводов, г
1	0,25	0,0063
2	0,5	0,0125
3	1	0,025
4	1,5	0,0375
5	2	0,05
и/п	0,076	0,00019

Исследуемая проба была разбавлена в 100 раз, результат также представлен в табл. 1, таким образом содержание углеводов в пробе позволяет включить его в состав кондитерских изделий, а именно мармелада [2].

Вторым не менее важным компонентом является пектин. Для получения пектина использовали выжимки яблок и цедру апельсина.

Пектин извлекали из предварительно высушенных выжимок яблок и яблочных чипсов, которые измельчили в блендере, далее отбирали 10 г, обработали холодной водой в соотношении 1:2 с целью выделить сахара, кислоты и соли. Подогрели воду до 15 °C, так как при высоких температурах происходит вымывание пектина. Для проведения экстракции использовали горячую воду с добавлением соляной кислоты (плотность 1,19), с целью выделения пектина горячий

экстракт фильтровали на вакуум-фильтре (рис. 1). Осаждали пектин этиловым спиртом. Далее добавили соляную кислоту для избежания выпадения минеральных примесей и перемешивали 10 минут. После этого снова использовали метод вакуум-фильтрования. Выделившийся на фильтре пектин, трижды промыли этиловым спиртом, подкисленным соляной кислотой. Оставили на открытом воздухе для испарения влаги. Выход сухого пектина составил 5 % от высушенной выжимки. Исследуемый пектинсодержащий компонент оказался не эффективен, так как выход пектина из чипсов составило 0,36 г; из сушек – 0,539 г.

Далее пектин выделяли из апельсина. Для этого предварительно подготовленные корочки апельсина измельчили в блендере, после измельчения поместили в марлевый мешочек. Для удаления примесей эфирных масел и пигментов полученную смесь заливали спиртом. Выпавший сырой пектин отделяли центрифугированием. Масса выхода пектина составила 19,725 грамм. Экспериментально были проверены информационные источники о наличии пектина в растительных объектах. Наиболее богаты пектином яблоки, абрикосы морковь, а также цедра цитрусовых. В ходе лабораторного испытания более действенным методом извлечения пектина является получение его из цитрусовых, так как выход нужного нам ингредиента составил 80%.



Рисунок 1. Выделение пектина: а-выжимки яблок; б-цедра апельсина

Получив необходимые компоненты, приступили к изготовлению кондитерского изделия. Для этого использовали пектин и экстракт, предварительно выпаренный в 3 раза, в соотношении 1:2. К полученной смеси добавили агар-агар. Далее суспензию разлили по формам и оставили на открытом воздухе до застывания [3]. Полученные готовые изделия представлены на рис. 2.



Рисунок 2. Готовое изделие

Условия хранения данного кондитерского изделия стандартны. При комнатной температуре мармелад сохраняет свои свойства, изделие в процессе хранения не подвергается воздействию плесневых грибов. При хранении изделия в холодильнике в течение времени происходит его усыхание (рис. 3). Во избежание быстрого высыхания рекомендуется использовать пластиковую тару.



Рисунок 3. Внешний вид изделия после 1 месяца хранения в холодильнике

В дальнейшей перспективе можно использовать различные добавки, такие как сахарная пудра, посыпки и пищевые красители, для придания изделию товарного вида.

Полученный продукт можно употреблять в пищу людям, страдающим сахарным диабетом, так как в ходе приготовления кондитерского изделия не использовались ингредиенты, запрещённые Минздравом [4].

#### **Библиографический список**

1. Еремин, Л. П. Химические средства защиты растений : учебно-методическое пособие / Л. П. Еремин, С. В. Резвякова. — Орел : ОрелГАУ, 2021. — 33 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213617> (дата обращения: 14.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Елевсюзова А.Т., Аралбаева А.Н. Перспективы применения пырея ползучего в пищевой промышленности // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 4-3.; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18853> (дата обращения: 15.03.2023).

3. Патент № 275029 СССР, МПК G01N 21/78 G01N 31/22 C12P 7/06. Колориметрический способ определения углеводов в содержащих их продуктах : № 1285452/28-13 : заявл. 18.11.1968 : опубл. 07.03.1970 / Бойко Л.М. Коваль В.Г. Королюк Т.А. Петенко Е.П. – 2 с.

4. StudFiles : сайт. – URL: <https://studfile.net/preview/9974736/page:9/> (дата обращения: 14.03.2023)

5. Клименко М.А. Изучение возможности использования пырея ползучего (Elytrigia repens L.) в качестве углеводного сырья при производстве кондитерских изделий / М.А. Клименко, А.И. Малыхина // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: Фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология Алушта-Белгород, 30 мая-03 июня 2022 г. – Алушта-Белгород, 2022. – С. 429-432.

## УДК 658.26

Костырев Д.О., студент  
Жингалов С.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им.  
В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

*Аннотация: Энергосбережение – это реализация разного рода мер, направленных на рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Оно является важной экологической задачей, так как способствует сохранению природных богатств нашей планеты.*

*Ключевые слова: энергия, биомассы, получение электроэнергии.*

Энергосбережение – это реализация разного рода мер, направленных на рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Оно является важной экологической задачей, так как способствует сохранению природных богатств нашей планеты.

Расходование энергии оказывает пагубное влияние на экологию Земли. Оно приводит к различным экологическим катастрофам, таким как: эрозия почв, «озоновые дыры», уничтожение живых организмов,

отравление водных объектов, парниковый эффект, опустынивание. Это происходит по причине того, что большая часть используемой нами энергии является продуктом сгорания ископаемого топлива, выделяющего вредные вещества.

Также энергосбережение - важнейшее направление энергетической политики многих стран мира. В настоящее время дешевле осуществлять меры по экономии энергии, нежели увеличивать её производство. Использование электрической энергии является чрезвычайно важным фактором для социально-экономического развития общества. Поэтому совсем исключить использование энергии человечеством невозможно. Но развитие возобновляемых источников энергии может обеспечить устойчивое развитие человечества в глобальном масштабе. Такими источниками энергии называют возобновляемые ресурсы, которые при преобразовании позволяют получать тепловую и электрическую энергию. Актуальность их использования с каждым годом возрастает, так как внедрение возобновляемых энергоресурсов является экономически выгодным, поможет приостановить глобальный экологический кризис, снизить социальную напряжённость в обществе, а также решить проблему с трудоёмкой добычей ископаемого топлива.

Самым мощным и возобновляемым источником энергии является солнце, так как реакция термоядерного синтеза порождает колоссальную энергию солнечного излучения. Локальные значения энергии Солнца зависят от освещённости, облачности, времени года и суток, высоты над уровнем моря, запылённости воздуха.

Существуют два основных способа преобразования солнечной энергии: фототермический и фотоэлектрический. При осуществлении первого способа вода нагревается в коллекторе до высокой температуры, необходимой для отопления зданий. При фотоэлектрическом преобразовании главным энергетическим источником являются панели солнечных батарей.

Солнечные элементы изготавливаются из материалов, напрямую преобразовывающих солнечный свет в электричество. Наиболее часто используют кремний. Существуют следующие типы солнечных элементов: монокристаллический, поликристаллический и аморфный. У первых двух типов КПД выше, чем у последнего. Солнечные элементы собираются в солнечных модулях для производства достаточного количества электроэнергии.

На данный момент существует множество преобразователей солнечной энергии, таких как: безмашинные СЭУ, фотоэлектрические преобразователи, паротурбинные СЭС, солнечные водонагреватели и

многие другие. Многозначительным примером использования солнечной энергии является «солнечная ферма» в штате Невада. Специалисты признают, что данный вид энергии обладает большим потенциалом, чем другие альтернативные источники энергии.

У России в области солнечной энергетики существуют большие возможности. Экономический потенциал солнечной энергии страны - 120 млн. тонн. Благоприятные регионы для развития солнечной энергетики: юг России, Приморский и Забайкальский края, Якутск.

Гидроэнергия – энергия, сосредоточенная в потоках водных масс. Она имеет большие преимущества, так как вода – возобновляемый источник энергии, а также такой способ выработки энергии не оказывает негативного воздействия на ОС. Для преобразования энергии воды в электроэнергию используют гидроэлектростанции, гидроаккумулирующие электростанции, малые ГЭС, приливные электростанции, преобразователи энергии волн и многое другое.

*Гидроэлектростанции.* Такие станции занимаются обеспечением определённого напора воды, поступающей на лопасти гидротурбин. Обычно напор образуется с помощью строительства платины или деривацией. В гидротурбинах происходит преобразование потенциальной энергии воды в механическую. Далее эта энергия передаётся к генератору, в котором уже происходит преобразование механической энергии в электроэнергию.

Задачу снятия пиков потребления энергии решают *гидроаккумулирующие электростанции*. С их помощью осуществляют преобразование электроэнергии в потенциальную энергию воды. Гидроаккумулирующие электростанции состоят из расположенных на разных уровнях бассейнов. Когда недогруженными станциями вырабатывается электроэнергия, ГАЭС занимаются перекачиванием воды между водоёмами при помощи насосов. Во время пиков потребления энергии вода из нижнего бассейна перекачивается к гидроагрегатам. При этом вырабатывается электроэнергия, передаваемая в сеть энергосистемы. А вода скапливается в нижнем водоёме.

*Малые гидроэлектростанции* обладают всеми свойствами гидроэлектростанций, но предоставляют возможность централизованного энергоснабжения. В России такие зоны составляют около 70% территории.

*Энергия волн.* Она позволяет вырабатывать энергию, использующуюся в гидродвигателях и электрогенераторах. Существует множество способов преобразовывать энергию данного явления. Одним из них является установка понтонов на якоре.

Понтоны позволяют запасать энергию в сжатой жидкости с помощью поршневой гидравлической системы, использующей изгибы, вызываемые волнами.

*Приливные электростанции.* Уровень воды в заливах рек меняется в зависимости от явлений прилива и отлива. Для получения электроэнергии турбинами используют разность уровней в бассейне и в водоёме. Для образования такого бассейна перегораживают створ пролива или устья реки.

Геотермальная энергетика – это преобразование энергии земных недр в электроэнергию или тепловую энергию. Это происходит за счёт выхода на поверхность горячей воды или пара. Там их тепло используется для генерации электроэнергии, или же напрямую для обогрева зданий. Для выработки электроэнергии из геотермальных источников используют нижеуказанные установки.

*Геотермальная электростанция.* Для преобразования тепловой энергии в электрическую используется одна из трёх существующих схем получения электроэнергии: прямая, непрямая и же смешанная схема. При первой пар поступает в турбины, соединённые с электрогенератором. При второй схеме происходит то же самое, но только пар изначально проходит очистку от газов. При смешанной схеме после конденсации пара из него удаляют не растворившиеся газы.

*Геотермальные тепловые насосы.* Они позволяют переносить низкопотенциальную энергию на более высокий уровень, реализуя обратный термодинамический цикл. В настоящее время используются парокомпрессионные и абсорбционные тепловые насосы.

*Турбокомпрессорные геотермальные установки.* Такие установки работают по закрытому или открытому циклам. В закрытых установках газ перемещается по закрытому контуру. Во открытых – газовый поток выбрасывается в атмосферу.

Преимущества геотермальной энергии: она практически неиссякаема; имеет полную автономность от условий ОС; почти полностью безвредна для ОС. Недостатки: потребность в обратной закачке воды; минерализация термальных вод выше нормы; высокое содержание токсичных веществ.

Биоэнергетикой называют получение энергии с помощью биологических процессов. Она является очень перспективной, так как решает проблемы получения энергии и охраны ОС. Биоэнергетика использует 3 вида биотоплива: твёрдое, жидкое и газообразное. Жидкое биотопливо обычно используют в двигателях внутреннего сгорания. Твёрдое применяют в обогревательных котлах, способных

также вырабатывать электроэнергию. Газообразное биотопливо используют в газовых котлах и плитах. Чаще всего оно используется для отопления отдельных зданий, реже – для выработки электроэнергии.

Биоэнергетика осуществляется посредством прямого сжигания отходов, или в результате глубокой переработки биомассы. Это позволяет получить топливо, сжигаемое с высоким коэффициентом полезного действия. Также такое топливо оказывает минимальный вред на ОС.

Газогенераторная установка производит газ и тепловую энергию из отходов биомассы. Сжигатель комплектуется бункером и автоматизированной шнековой подачей топлива. Опилки засыпаются в бункер и далее поступают в шнековый транспортер. Шнек осуществляет подачу биотоплива в газогенератор. Там происходит образование углекислого газа и газов, выделяющихся при разложении смолы и масла. Горячий газ нагревает воду в камере сгорания.

Для повышения качества биомассы используют методы сухой перегонки, газификации и сжижения.

### **Библиографический список**

1. Вафина Ю. А. Энергосбережение за счёт использования альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов: Россия и мировой опыт [Текст] / Ю. А. Вафина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №9. – С. 265-272.
2. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. — СПб.: Наука и Техника, 2014. — 320 с.
3. Дубровин Е., Дубровин И. Проблема загрязнения атмосферы продуктами сгорания [Электронный ресурс] / Е. Дубровин, И. Дубровин. – Электрон. текст. дан. – Москва: 2008. – Режим доступа: <https://www.m.eprussia.ru/egr/106/8253.htm> (дата обращения: 01.03.2021)
4. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2003.-79 с.
5. Мансуров В.А. М Основы энергосбережения: Учеб.-метод. пособие – Мн.: БГМУ, 2010. – 75 с.
6. Перспективы развития и применения альтернативных источников энергии экономики [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <https://promdevelop.ru/industry/perspektivnost-razvitiya-i-primeneniya-alternativnyh-istochnikov-energii/> (дата обращения:04.03.2021)
7. Энергосбережение – путь повышения эффективности экономики [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – Сумы: 2021. – Режим доступа: <http://fluitech.com.ua/energosberezhenie-put-povyisheniya-effektivnosti-ekonomiki/> (дата обращения: 27.02.2021)

8. Энергосбережение [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергосбережение> (дата обращения: 04.03.2021).

**УДК 628.477.3**

**Курзенёв И.Р., магистр**

**Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ КОМПОСТОВ И УДОБРЕНИЙ (ОБЗОР)**

**Аннотация:** В статье рассматриваются современные методы использования вторичных материальных ресурсов (отходов производства) в качестве сырья для компостирования, в важные аспекты и требования к отходам для дальнейшего использования в качестве удобрения. Традиционно в качестве компоста используются осадки сточных вод, навоз и помет. Биокомпосты получают при культивировании мухи Черной львинки (*Hermetia illucens*).

**Ключевые слова:** отходы производства, компостирование, утилизация ТБО.

Рациональное использование отходов производства позволяет предприятиям уменьшить финансовые затраты на ликвидацию, а утилизация методом компостирования позволяет использовать получаемое сырье в качестве удобрения [1]. Согласно документу «Паспорт отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в промышленном производстве», утвержденного в 2022 г. государством дан курс на ресурсосбережение и ресурсную эффективность [2].

Большинство отходов производства используется в качестве второго сырья в следующих целях: в качестве строительных материалов, производства удобрений, внедрение в производственный рецикл. В соответствии с тенденцией устойчивого экономического развития и с постоянно высокими потребностями аграрного сектора в удобрениях необходимо выявить эффективные методы утилизации отходов для производства удобрений. Удобрение – важный фактор влияния на плодородие почвы, который в свою очередь влияет на аграрный сектор. Спрос сельскохозяйственных предприятий на удобрения с каждый годом только растет. Россия является одним из лидеров производства удобрений вместе с Беларусью и Канадой. Удобрение вносится в почву с целью возврата и баланса важных микро и макроэлементов в почву, такие как N, K, P и гумус. Современные исследования разделяют следующие виды удобрений: органические,

минеральные и биоорганические. Органические удобрения вносят в почву подкормку для растений в виде органических соединений (гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин) и являются традиционным способом увеличения показателя плодородия почвы. Такими удобрениями являются: компост, торф, навоз. Минеральные удобрения имеют более высокую концентрацию необходимого компонента (азотные, калийные, микроудобрения). Биоудобрения используют для внесения макроэлементов за счет микроорганизмов [3].

Осадки сточных вод, образующиеся на городских очистных сооружениях, в настоящее время имеют низкий процент использования. Компостирование один из распространенных способов получения удобрения с высоким показателем органических соединений. Процесс компостирования связан с разложением органических материалов под анаэробным действием с помощью деятельности микро и макроорганизмов. Основным сырьем для компостирования являются отходы производства и потребления, осадки сточных вод. Процесс компостирования состоит из трех фаз: мезофильная фаза, термофильная фаза и фаза созревания. В мезофильную фазу входят процессы разложения при умеренных температурах микроорганизмами около нескольких дней. Термофильная фаза длится несколько месяцев и связана с жизнедеятельностью термофильных бактерий при температуре от 50 до 60 ° С. Финальная фаза – фаза созревания по мере того, как запасы высокоэнергетических соединений истощаются, температура начинает снижаться, и в фазе созревания снова преобладают мезофильные бактерии [4].

Компостирование отработавших осадков сточных вод позволяет рационально утилизировать отход. Отработанный активный ил, образованный в результате очистки сточных вод, может стать идеальным компонентом в удобрении в качестве источника органических веществ [5]. В настоящее время были выявлены определенные требования к осадку, которые подробно описаны в ГОСТ Р 54534-2011. Согласно данному документу, используются осадки сточных вод V и IV класса опасности для технической и биологической рекультивации [6]. Если при внесении в почву осадка сточных вод концентрация тяжелых металлов не превышает 0,8 ПДК (ОДК) почв, то данный осадок допускается вносить в целях рекультивации. Осадки городских сточных вод обладают около 40% гумусовых веществ. Существует множество патентов разработки

удобрений из осадков сточных вод с использованием различных биоактиваторов, древесных опилок, пивной дробины [7].

Современная агрохимия переживает научный бум с использованием биокомпоста личинок мухи Черной львинки (*Hermetia illucens* или Черный солдатик – *Black Soldier Fly*). Искусственная почвосмесь из биокомпоста жизнедеятельности личинок Черной львинки обладает высокими показателями урожайности [8]. Не все отходы можно использовать для компостирования, но можно выделить из отхода путем минерализации (сжигание), минеральные компоненты, которые оптимизируют pH почвы и насыщают почву минеральными удобрениями [9]. Таким образом для производства удобрений можно выделить два вида утилизации отходов. Первый для компостиования в процессе получается органическое удобрение, второй для сжигания в процессе получается минеральное удобрение. Если в нужных пропорциях смешать минеральную и органическую часть, то получится эффективное удобрение. Например, осадок биологической очистки смешиивается с пылью электрофильтров цементного производства [10].

Компостирование – один из рациональных методов утилизации отходов в процессе которого образуется удобрение. Наиболее пригодным сырьем для компостиирования являются осадки сточных вод и пищевые отходы. Определенное требование к сырью для компостиирования – это низкое содержание тяжелых металлов таких как: ртуть, кадмий, свинец, никель, олово. Так же необходимо произвести обеззараживание. Такие методы как озонирование, хлорирование, обеззараживание частичными разрядами на переменном напряжении эффективны для сточных вод, но не для ее осадка, накапливая в себе химические элементы. Наиболее эффективный способ обеззараживания осадка сточных вод является добавление гидроксоаминокислотных комплексных соединений меди (2+), которые вступают в реакцию с белком уничтожая яйца гельминтов, вирусов и т. п. [11]. В зависимости от культуры растения и от типа почвы, целесообразно также вносить добавки для коррекции следующих показателей: pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, которые являются ключевыми в определении плодородия почвы.

#### **Библиографический список**

1. Зинченко С.С., Бариева Э.Р. Компостирование: безопасный метод утилизации ТБО // Вестник магистратуры. № 1-4 (64). 2017. С. 33-34.
2. Паспорт отраслевой программы "Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в промышленном производстве" (утв. Правительством РФ 17 ноября 2022 г. № 13493п-П11) – Доступ из справ.-

- правовой системы КонсультантПлюс. – URL:  
<https://client.consultant.ru/site/list/?id=1017951265>. – Текст: электронный
3. Кручинина В. М., Рыжкова С.М. Рынок удобрений в России: состояние и направления развития// Вестник ВГУИТ 2021. С. 375-384.
4. Trautmann, Nancy; Olynciw, Elaina. "Compost Microorganisms". CORNELL Composting. Cornell Waste Management Institute 1996. University, Ithaca, NY. – URL: <https://compost.css.cornell.edu/microorg.html> (дата обращения: 21.03.2023). – Текст: электронный
5. Ксенофонтов Б.С. Утилизация осадков сточных вод путем компостирования с торфом // Экология производства. № 2. 2011. С. 40–44.
6. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. Стандартинформ. 2019. С. 1–12.
7. Патент № 2513558 Российской Федерации, МПК C05F 7/00 (2006.01). Способ приготовления компоста из осадка сточных вод (варианты): № 2013101062/13: заявл. 09.01.2013: опубл. 20.04.2014/ Барановский И. Н., Смирнова Т. И.; заявитель ФГБОУ ВПО "Тверская государственная сельскохозяйственная академия", ООО "Тверь Водоканал". – 9 с
8. Патент № 2735422 Российской Федерации, МПК C05G 3/80(2020.01) C05F 9/04 (2006.01) C09K 17/40 (2006.01) C09K 101/00(2006.01). Искусственная почвомесь на основе биокомпоста Черной львинки: № 2020113765: заявл. 03.04.2020: опубл. 02.11.2020 / Пендюрин Е.А., Сапронова Ж.А. и др.; заявитель БГТУ им. В.Г. Шухова. – 8 с.
9. Капитонов И.А., Пармененков К.Н, Бронская Ю.К. Актуальные методы утилизации бытовых отходов // Инновации и инвестиции. 2023 № 1. С. 246-253.
10. Василенко Т.А., Мохаммед Абдифатах Харед, Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве удобрения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2016. №6. С. 211-219.
11. Севостьянов С. М., Дёмин Д. В., Татаркин И. В., Компостирование обработанных аминокислотными реагентами осадков сточных вод// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т.15, №3 (4). С. 1432-1435.

**УДК 579.262**

**Локтионова Е.В. аспирант,**

**Коробкина Е.В. студент,**

**Юровских З.Ю. студент**

*(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **РОЛЬ БИОПЛЁНОК В ЭКОБИОТЕХНОЛОГИИ**

*Аннотация: На стыке экологии и биотехнологий появляется новое направление, называемое экобиотехнологией - это наука, изучающая теоретические аспекты и практическое применение живых организмов в природоохранных целях. Одним из важных направлений экобиотехнологии является биоремедиация, когда проблему загрязнений природного и техногенного характера решают с помощью биологических объектов.*

*Ключевые слова: биотехнология, экология, биоплёнки, экобиотехнология, очистка сточных вод, бактерии.*

В современном мире остро стоит проблема загрязнения окружающей природной среды. На данный момент население нашей планеты составляет 8 млрд. человек из которых более 4 млрд. живут в городах. Хозяйственная деятельность человечества в течение последних 50-ти лет привела к серьёзному загрязнению нашей планеты разнообразными отходами. Учёные стремятся решить проблему загрязнений природного и техногенного характера с помощью биологических объектов. Вопросами и исследованиями в данной сфере занимается наука экобиотехнология. Биоплёнки – один из объектов исследования данной науки. В статье мы рассмотрим роль биоплёнок в природе и применение их человеком с целью решения проблем экологии.

Биоплёнки - сообщество одноклеточных организмов, собранных в виде поверхностного слоя с химической связью между компонентами. Бактериальные скопления одного или десятков различных видов, устойчивы ко многим типам дезинфицирующих средств и антибиотикам. Внутри микробных биоплёнок бактерии могут проявлять морфологическую дифференциацию в зависимости от фактической среды. Также в этих клетках могут возникать различные мутации. Клетки внутри биопленки дифференцируются иначе, чем свободноживущие бактерии [4].

Сообщества биопленок встречаются в различных водных и субаэральных экосистемах или даже в организме человека (например, зубной налет) на границе раздела жидкость-твердое вещество или воздух-твердое вещество. Типичные биопленки образуются на камнях

в ручьях и реках или на дне озер. Они участвуют в круговороте питательных веществ и энергии в данной экосистеме и могут служить субстратом для колонизации. Повторное осаждение неорганического материала на растущей биопленке приводит к слоистой структуре, напоминающей строматолиты. Микробные пленки играют центральную роль в обеспечении потока энергии в экосистемах.

Учёные провели исследования в микромире, чтобы изучить, как микробы реагируют на изменения концентрации растворённых органических веществ (РОВ)[2]. Глюкоза и смеси РОВ, извлеченные из почвы и листьев, стимулируют размножение бактерий на камнях. Микробные пленки на мелком осадке не всегда реагируют на концентрацию РОВ. Изменение уровня глюкозы приводит к повышению активности ферментов, но другие формы РОВ, как правило, не изменяют активность ферментов. Изменение концентрации РОВ привело к удалению нитратов, и это было связано с появлением бактерий, предполагается, что микробы могут связывать круговорот углерода и азота в грунтовых водах, так же как и в поверхностных водных системах.

Бокоплавы (лат. *Amphipoda*) уменьшают производство бактерий на камнях, но не на мелких отложениях[1]. Сокращение, вызванное бокоплавами, компенсировало стимулирующий эффект глюкозы, но не было никакого влияния РОВ на появление бактерий или активность ферментов. Как ресурсы, так и потребители играют важную роль в регулировании микробной активности в экосистемах, что имеет важное значение для более высоких трофических уровней, которые используют микробы в качестве пищи.

Также от микробов зависит плодородие почв. Они разлагают органические вещества до неорганических, обеспечивая передачу вещества дальше по пищевой цепи. Азот, который так необходим растениям для нормальной жизнедеятельности, поставляется азотфиксирующими бактериями.

Цианобактерии, входящие в состав биопленок, обладают способностью повышать и удерживать влагу в почвах засушливых регионов, тем самым предотвращая эрозию.

Ризобактерии защищают растения от патогенов и значительно влияют на их адаптационные способности. Отсюда становится ясно, что применение биопленок с целью решения экологических проблем вполне разумно.

Использование биопленок человеком очень разнообразно. В промышленности мультивидовые пленки используют, как биофильтры и биозащиту в очистных сооружениях [3]. Биоплёнки, выращенные на

поверхности жидкости в реакторе с мелким потоком, используются в процессе биологической обработки отходов [1].

Эффективность этого процесса была протестирована с использованием синтетических отходов, которые содержали уксусную кислоту в качестве модельного органического загрязнителя. Определение кислородного баланса показало, что удаленная уксусная кислота полностью окислялась кислородом, переносимым через поверхность жидкости. Этот процесс способствует экономии энергии, поскольку он не требует принудительной аэрации для подачи кислорода [3].

Учёные Гонконгского университета создали микробные сети, способные захватывать частицы микропластика в загрязненной воде. В результате, образуется пригодный для вторичной переработки густок. Биопленка из бактерий *Pseudomonas aeruginosa* захватывает крошечные фрагменты пластика и заставляет их опускаться на дно. Затем ученые высвобождают пластик благодаря природному механизму «захват-высвобождение», использующему ген рассеивания биопленки. В итоге у них остается материал, пригодный для вторичного использования, но бактерии *Pseudomonas aeruginosa* являются болезнетворными для людей, учёные продолжают работать над усовершенствованием технологии [7].

В настоящее время человек активно использует углеводороды. Нефть и нефтепродукты выступают ценным ресурсом, который удовлетворяет большинство человеческих потребностей. В то же время они занимают первое место среди загрязнителей почв и водоемов [6]. Существуют организмы, использующие углерод в качестве источника энергии, но выяснено, что при попадании нефти в окружающую среду в больших количествах, естественная микробиота угнетается, а ее численность значительно снижается. Деструкторы нефти (бактерии *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*) выработали устойчивость к поверхностно-активным веществам (ПАВ) [5]. В клетках организмов углеводороды подвергаются ферментативному расщеплению, а затем выделяются в окружающую среду уже с повышенной растворимостью и биодоступностью. В итоге, их негативное воздействие значительно уменьшается.

Для очистки водоемов так же используют биопрепараты, в состав которых входят микроорганизмы-деструкторы. Их вносят в водоем в виде суспензий.

Почвы тоже можно очищать с помощью биопрепараторов, но используя их комплексно с минеральными удобрениями и на таких

носителях, как торф или древесные опилки, тогда эффективность процесса очистки значительно увеличивается [5].

Таким образом, изучение процесса формирования биоплёнки микроорганизмами, а также изучение биоплёнок как биологических объектов очистки, являются одними из наиболее динамично развивающихся областей современной экобиотехнологии.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

### **Библиографический список**

1. Biofilm. In: Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics and Informatics. Springer, Dordrecht. (2008)
2. Cooney, T.J., Simon, K.S. Influence of Dissolved Organic Matter and Invertebrates on the Function of Microbial Films in Groundwater. *Microb Ecol* 58, 968–969 (2009)
3. Anderson GG, Palermo JJ. Intracellular bacterial biofilm –like pods in urinary tract infections // *Science* : научный журнал. — 2003. — № 301. — С. 105–107.
4. Т. А. Смирнова, Л. В. Диценко, Р.Р. Азизбекян, Ю. М. Романова, Структурно-функциональная характеристика бактериальных биопленок, *Микробиология*, 79(4), 2010, С. 435—446
5. М. И. Чернявская, Сидоренко А.В, Экологическая микробиология, С. 45-47, Минск (2016).
6. А. В. Шамраев, Т. С. Шорина, Влияние нефти и нефтепродуктов на на различные компоненты окружающей среды, *Вестник ОГУ №6(100)/июнь'2009* – научный журнал. С. 644.
7. А. В. Лазарева, И. В. Чеботарь, О. А. Крыжановская, *Pseudomonas aeruginosa*: патогенность, патогенез и патология, Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия (2015) Том 17 №3, С. 174-175.

### **УДК 664.38**

Локтионова Е.В., препод.,  
Омельянова С.С., студент  
Половнева Д.О., аспирант  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОТЕИНА ДЛЯ АКВАКУЛЬТУР МЕТОДОМ КЬЕЛЬДАЛЯ**

*Аннотация: Важной темой в разведении аквакультур считается кормовое обеспечение, которое должно быть сбалансировано по комплексу*

*питательных веществ. В связи с этим протеину уделяется значительное внимание, как одному из важнейших элементов этого комплекса.*

*Ключевые слова: белок, протеин, аквакультуры, метод Къельдаля.*

Протеин – это простой белок, состоящий из аминокислот. Отличается протеин от других органических соединений тем, что он содержит азотсодержащие вещества.

Значимость белка в кормах для животных достаточна высока, поскольку жизнедеятельность организмов напрямую связана с белковым обменом.

Первоначальная важность протеина в кормах состоит в том, что он формирует тело и развивает жизнедеятельность у живого организма. Обобщая, можно сказать, что у белка достаточно функций и каждая важна для жизнедеятельности организма [1]:

- Строительная функция;
- Энергетическая функция;
- Гормональная функция;
- Транспортная функция;
- Ферментативная функция;
- Информационная функция;
- Защитная функция.

Регулярное поступление корма с достаточным процентом белка животным необходимо в обязательном порядке, так как протеин организма постоянно расходуется и в случае его исключения из рациона животное погибает. Однако стоит учесть, что и перенасыщение кормовым протеином отрицательно влияет на живой организм, так как это приводит к перегрузке печени и почек продуктами распада, перенапряжению секреторной функции пищеварительного аппарата, усилинию гнилостных процессов в кишечнике и т.д. [2].

Растительный и животный протеин является основным источником для кормов в сельском хозяйстве.

Растительный белок – это альфа-аминокислотные соединения, которые могут полностью закрыть потребность организма в энергии и строительном материале без необходимости приема животного протеина. Основными видами растительного протеина являются бобовые культуры. Среди бобовых, основным источником растительного протеина являются соевые бобы. При их использовании, в качестве растительного протеина, следует учитывать содержание антипитательных и порой ядовитых веществ, например уреазы или ингибиторы трипсина и другие. Уреаза, расщепляет

белковые соединения до углекислого газа и аммиака. Чтобы избавиться от содержания фермента необходимо выполнить влаготепловую обработку сырья под давлением в течении нескольких секунд. То же самое касается и других антипитательных веществ бобовых культур [3].

Белок животного происхождения – это белковые соединения, содержащиеся в продуктах животного происхождения. Это полноценный белок, который может обеспечить организм всеми незаменимыми аминокислотами [4].

В настоящее время перспективной отраслью в сельскохозяйственной деятельности считается разведение аквакультур. Несмотря на то, что для широкой публики аквакультура – сравнительно новая область, существует она уже несколько тысяч лет. Почти на всех континентах, с большей или меньшей интенсивностью, происходит развитие в этой области.

Аквакультура (рыбоводство) – деятельность, связанная с разведением и (или) содержанием, выращиванием рыбы в естественных или искусственных условиях [5].

Российская Федерация имеет колоссальные возможности для развития аквакультуры и её значение ежегодно возрастает. По итогам за 2022 год объем производства продукции товарной аквакультуры России вырос на 7,5 % к 2021 году и составил 383,5 тыс. тонн.

Полноценное обеспечение всеми питательными элементами необходимо для качественного развития аквакультур, так как выбор правильных кормов и методов кормления – важный аспект роста рыбы.

Гранулы корма для рыб, содержащие все необходимые питательные вещества, очень важны. Кормовые ингредиенты выбираются с учетом их усвояемости белков, жиров и углеводов, а также их плавучести, цены и доступности для комбикормовых заводов [6].

В данной работе определяли содержание белка в рыбьем корме методом Кильдаля. Суть данного метода заключается в последовательности трех операций, а именно: минерализации органического азота, содержащегося, в белках, далее в извлечении минерализованных органических соединений из пробы и определение массы извлеченного из пробы азота титрованием.

В качестве объекта исследования были взяты корма двух видов, с растительным происхождением белка, которые также отличались размером, от одного производителя.

Основываясь на литературных источниках, известно, что потребность в протеине у рыб выше, чем теплокровных животных. Оптимальный уровень протеина для молоди – 45-55 %, для взрослых рыб – 35-45 % [7].

Экспериментально установив содержание протеина в рыбьем корме для взрослых рыб и молоди, получили следующие данные, которые представлены в таблице.

Таблица 1. Содержание протеина в рыбьем корме

№	Рыбий корм	Содержание протеина, %	Среднее содержание протеина, %
1	Мелкий	41,57733	41,41048729
		41,24364	
2	Крупный	38,21229	37,34986034
		36,48743	

Подведя итог проведенной работы, можно установить, что полученные результаты анализа показали, что реальное содержание протеина в крупном рыбьем корме соответствует показателю для взрослых рыб – 35-45 %. Скармливание данного корма будет положительно влиять на жизнедеятельность организма. Содержание белка в мелком корме не достаточно, его количества не будет хватать малькам для полноценного развития и быстрого набора массы.

Данное исследование может быть интересно специалистам, которые не только разрабатывают эффективные системы кормления для рыб, но и тем, кто занимается рыбоводческим хозяйством.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Виды протеина, его функции и применение [электронный ресурс] // <https://edasport.ru/stati/vidy-proteina-ego-funkcii-i-primenenie> (дата обращения: 13.03.2023)
2. Гамко Л. Н. и др. Биологические основы кормления животных и птицы //Брянск: Изд-во Брянского ГАУ. – 2015.
3. Выжать из урожая максимум [электронный ресурс] // <https://prodriinok.ru/vyzhat-iz-urozhaya-maksimum> (дата обращения: 15.03.2023)
4. Коновалов К. Л., Шулбаева М. Т., Мусина О. Н. Пищевые вещества животного и растительного происхождения для здорового питания //Пищевая промышленность. – 2008. – №. 8. – С. 10-12.

5. Федеральный закон от 02.07.2013 N 148-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

6. Корма и кормление в аквакультуре / Е. И. Хрусталев, Т. М. Курапова, О. Е. Гончаренок, К. А. Молчанова. – 1-е, Новое. – Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2017. – 388 с. – ISBN 978-5-8114-2342-2. – EDN YIKZSJ.

7. Интересова Е. А. и др. Пресноводная аквакультура: учебное пособие: для студентов и магистрантов вузов. – 2021.

## УДК 581.1

Лунёва А.А., студентка  
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент  
БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

*Аннотация: В работе описано определение кислотности растительных объектов методом кислотно-основного титрования 0,1 н раствором щелочи гидроксидом натрия. Цель настоящей работы – обсуждение особенностей определения кислотности в объектах на основе растительных материалов и обсуждение преимуществ титрования с использованием кислотно-основного метода титрования. Полученная информация может быть использована для определения качества продуктов и для установления в некоторых случаях фальсификации без использования труднодоступного оборудования.*

*Ключевые слова: общая кислотность, органические кислоты, титриметрический анализ, растительные объекты.*

Важной отраслью биотехнологии является пищевая биотехнология, которая направлена на решение проблем дефицита продуктов питания, повышения их качества и разработки новых пищевых продуктов с использованием биотехнологических методов и приемов.

К традиционным направлениям пищевой биотехнологии относится получение органических кислот – лимонной, молочной, яблочной, уксусной, янтарной, которые широко используются в пищевой промышленности в качестве регуляторов кислотности и консервантов [1].

Органические кислоты – это большая и разнообразная по своим свойствам группа биологически активных соединений, которая содержится в большинстве пищевых и лекарственных растений. Особенность органических кислот заключается в том, что некоторые из них образуются в процессе метаболизма веществ первичного биосинтеза или являются ключевыми соединениями главных путей биосинтеза.

Органические кислоты находят широкое применение в фармацевтической, химической, текстильной и других отраслях промышленности. Пищевая промышленность традиционно является основным потребителем лимонной, уксусной и молочной кислот, так как продукты естественного брожения более предпочтительны, чем синтетические кислоты в связи с безвредностью для организма человека содержащихся в них примесей [1, 2].

Во всем мире признанной оценкой кислотности анализируемого материала является титруемая кислотность. Этую характеристику рассчитывают по объему стандартного раствора щелочи, потребовавшегося на реакцию с кислотами анализируемого образца.

Для определения содержания кислоты применяют метод кислотно-основного титрования. При кислотно-основном титровании используют датчики pH для определения количества титранта, необходимого для реакции с яблочной, винной, лимонной, уксусной и другими органическими кислотами, присутствующими во фруктах, соках, приправах на основе уксуса и вине и многих других продуктах. Его можно определить путем титрования образца сильным основанием, которое нейтрализует присутствующую в образце кислоту. Кислотность растительных тканей определяется количественным и качественным составом, содержащихся в них органических кислот. В растениях наиболее часто встречаются яблочная, лимонная, янтарная, винная, фумаровая, щавелевоуксусная, щавелевая кислоты. В ряде случаев их количество в растениях достигает весьма высоких величин [3].

Назначение органических кислот в питании определяется их энергетической ценностью (так яблочная кислота составляет 2,4 ккал/г, лимонная – 2,5 ккал/г, молочная – 3,6 ккал/г), а также активным участием в обмене веществ. В гигиеническом плане важно отметить благоприятное влияние ОК на процесс пищеварения – они снижают pH среды, способствуя созданию определенного состава микрофлоры, тормозят процессы гниения в ЖКТ. ОК ягод, фруктов, плодов стимулируют сокоотделение в желудочно-кишечном тракте, улучшают пищеварение, активизируют перистальтику кишечника, способствуя снижению риска развития многих желудочно-кишечных и других заболеваний. Органические кислоты могут накапливаться в значительных количествах в листьях, корнях, плодах и ягодах [4].

Органические кислоты отличаются хорошей растворимостью в воде. Это свойство используется для их выделения из растительных тканей. Количество органических кислот устанавливают путем титрования водного экстракта тканей 0,1 н раствором NaOH. При этом

нейтральные соли органических кислот почти не учитываются. Титруют в основном свободные кислоты и кислые соли органических кислот [5].

При определении кислотности растительных объектов в качестве оборудования использовались: водяная баня, колбы мерные емкостью 200 мл, мерные цилиндры, колбы конические емкостью 100-200 мл, чаши керамические, воронки, пипетки, фильтровальная бумага, микробюретки.

В качестве реагентов в ходе работы использовали раствор 0,1 н NaOH, фенолфталеин, лакмусовую бумагу. Объектами исследования в эксперименте явились следующие растительные культуры: апельсин, банан, лимон, картофель, яблоко зелёное «антоновка», яблоко красное «гала». Готовится 0,1 н раствор гидроксида натрия: 4,0 грамм сухого вещества NaOH растворяют в 1 литре дистиллированной воды, хорошо перемешивается.

Свежие плоды, овощи или листья растений тщательно измельчаются на терке, в мясорубке или в ступке. Растительную массу перемешивают, берётся навеска 20 г и переносится без потерь в широкогорлую колбу объемом 200 мл. В колбу приливают около 150 мл дистиллированной воды и выдерживают в течение 30 мин в водяной бане при температуре 80-90 градусов. Через каждые 5 мин содержимое колбы перемешивают для лучшей экстракции кислот. Затем колба охлаждается водопроводной водой, доводится до метки дистиллированной водой и фильтруется в сухой стакан или колбу. Полученный фильтрат служит для определения общей кислотности. Для этого 50 мл фильтрата переносят в коническую колбу емкостью 100 мл. После этого добавляют несколько капель спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором NaOH до розовой окраски.

У слабо окрашенных растворов переход окраски легче уловить, если сравнивать окраску с рядом стоящей колбой с таким же количеством вытяжки из растений с добавлением такого же количества капель фенолфталеина. В том случае, когда раствор сильно окрашен и переход окраски раствора при добавлении щелочи определить трудно, при титровании используют лакмусовую бумагу. Капли жидкости из колбы при титровании переносят на кусочек лакмусовой бумаги и наблюдают изменение окраски. При расчете необходимо учитывать количество щелочи, израсходованное на титрование, и поправку к ее титру.

Кислотность X, %, в пересчете на соответствующую кислоту, вычисляют по формуле (I):

$$X = \frac{V \cdot K \cdot V_0 \cdot 10}{m \cdot V_1}, \quad (I)$$

где  $V$  – объем точно 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия или гидроксида калия, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>;  $K$  – коэффициент пересчета на соответствующую кислоту: для яблочной кислоты – 0,0067 г/см<sup>3</sup>; для лимонной кислоты – 0,0070 г/см<sup>3</sup>; для молочной кислоты – 0,0090 г/см<sup>3</sup>; для винной кислоты – 0,0075 г/см<sup>3</sup>;  $V_0$  – объем вытяжки, приготовленный из навески, см<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем фильтрата, отобранный для титрования, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески испытуемого концентрата, г.

Содержание органических кислот часто рассчитывают не в миллиэквивалентах на 100 г, а в процентах. Для этого результат, полученный по указанной выше формуле умножают на коэффициент перевода, означающий количество граммов определенной кислоты, соответствующей 1 мл 0,1 н. раствора NaOH. Для яблочной кислоты коэффициент перевода равен 0,0067; для щавелевой – 0,0045; для лимонной – 0,0064; для винной – 0,0075. В зависимости от преобладания той или иной органической кислоты в изучаемом объекте для пересчета используют соответствующий коэффициент. Обычно кислотность большинства плодов и овощей выражают в яблочной кислоте, ягод – в лимонной, винограда – в винной.

Кислотность  $X_1$  в миллиэквивалентах, т.е. в см<sup>3</sup> 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия в пересчете на 100 г продукта, вычисляют по формуле (II):

$$X = \frac{V \cdot V_0 \cdot 10}{m \cdot V_1}, \quad (II)$$

где  $V$  – объем точно 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия или гидроксида калия, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>;  $V_0$  – объем вытяжки, приготовленный из навески, см<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем фильтрата, отобранный для титрования, см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески испытуемого концентрата, г [6, 7].

Результаты количественного определения содержания органических кислот приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты определения кислотности растительных объектов

Объект	Навеска , г	Объем 0,1 н NaOH, последний на титрование, мл	Содержание органических кислот	
			м-экв/ 100 г	%

Лимон	20	45,1	90,2	5,77
Апельсин	20	7,6	15,2	1,19
Яблоко сорта «Антоновка»	20	2,8	5,6	0,37
Яблоко сорта «Гала»	20	2,7	5,4	0,36
Картофель	20	2,6	5,2	0,35
Банан	20	2,2	4,4	0,29

В работе в ходе исследований было установлено, что овощные, фруктовые и цитрусовые культуры различаются по содержанию органических кислот, наибольшее их содержание имеет лимон – 5,77%. Наименьшее содержание кислот находится в банане – 0,29%. На втором месте находится апельсин, содержащий 1,19% кислот. Третье место занимает яблоко, среди двух сортов которого большим содержанием кислот отличается яблоко сорта «Антоновка» – 0,37%, в отличие от яблока сорта «Гала» – 0,36%.

#### **Библиографический список**

1. Запрометов М.Н. Биохимия пищевых продуктов. М: Наука, 1964. 296 с.
2. Муратова Е.И., Зюзина О.В., Шуняева О.Б. Биотехнология органических кислот и белковых препаратов: учебное пособие. Муратова Е.И., Зюзина О.В., Шуняева О.Б. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. 80 с.
3. Определение кислотности некоторых плодов, соков и прохладительных напитков / И.П. Анисимович [и др.] // Научные ведомости. 2011. № 9. С. 1-7.
4. Киселева Т.Л., Смирнова Ю.А. Лекарственные растения в мировой медицинской практике: государственное регулирование номенклатуры и качества. М.: Изд-во Профессиональной ассоциации натуротерапевтов, 2009. 295 с.
5. Состав органических кислот в растениях рода первоцвет / Г.М. Латыпова, Д.Ф. Иванова, Р.Я. Давлетшина, О.И. Уразлина // Сибирский медицинский журнал. Иркутск. 2014. № 3. С. 96-98.
6. Физиология и биохимия растений: методические указания к лабораторно-практическим занятиям / В.П. Монсеев, Н.П. Решецкий. – Мин.: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; 2009. – 124 с.
7. ГОСТ 15113.5-77. Концентраты пищевые. Методы определения кислотности (Издание с Поправкой). М.: Стандартинформ, 1984. – 11 с.

Марченкова Е.Н., студент,  
Старостина И. В., канд. техн. наук, доцент  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ ДЛЯ  
АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД,  
СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ НИКЕЛЯ (II)**

*Аннотация:* В работе рассмотрена возможность очистки модельных сред от ионов никеля (II) с использованием в качестве адсорбционного материала отхода производства керамзитового гравия. Показано, что максимальная эффективность очистки модельного стока достигнута при использовании керамзитовой пыли в количестве 2,5 г на 50 см<sup>3</sup> модельной сточной воды с начальной концентрацией ионов никеля (II) 4 мг/дм<sup>3</sup>. Сорбционная емкость керамзитовой пыли в условиях эксперимента невелика и составила 0,190 мг/г.

*Ключевые слова:* ионы никеля (II), очистка сточных вод, адсорбция; изотерма адсорбции, отход производства, керамзитовая пыль.

Сточные воды, характеризующиеся высоким содержанием ионов тяжелых металлов, в том числе ионов никеля (II), относятся к наиболее опасным отходам промышленных производств. Попадание промышленных стоков в поверхностные водоемы влечет за собой большой риск загрязнения водной экосистемы, а прямой сброс в канализационную систему может негативно сказаться на последующей биологической и химической очистке сточных вод на городских очистных сооружениях [1].

Никель относится к 1 группе канцерогенных элементов. Свободные ионы никеля (II) вдвое токсичнее его комплексных соединений. Никель способен вызывать респираторные заболевания, чаще всего бронхиальный и легочный рак [2].

Существует множество различных химических и физических методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, включающих в себя химическое осаждение, окисление, ионный обмен, адсорбцию, мембранные фильтрацию, обратный осмос, технологии электрохимической обработки. Однако большинство из этих методов имеют ряд существенных недостатков, таких, как образование значительного объема шлама, недостаточная эффективность очистки, необходимость высоких эксплуатационных и капитальных затрат, применение высоких технологий [1, 3].

В настоящее время на большинстве предприятий в качестве основного метода водоочистки от ионов тяжелых металлов, в том числе и глубокого извлечения ионов никеля (II), вне конкуренции

остаются адсорбционные, которые наряду с высокой эффективностью относятся к экологически чистым процессам [3].

Для адсорбционного извлечения ионов никеля (II) широко используются отходы различных производств. Использование недорогих материалов в качестве сорбентов повышает конкурентные преимущества данного метода и снижает себестоимость процесса очистки. К таковым материалам можно отнести керамзитовую пыль – минеральный сорбент [4].

Основным фактором, определяющим эффективность адсорбции, является величина pH. Чаще всего максимум адсорбции достигается при pH 4, т. е. процесс проходит до образования продуктов гидролиза [4].

В работе для удаления никеля из водных растворов в качестве адсорбента использовали керамзитовую пыль [5], образующуюся в результате очистки отходящих газов обжиговых печей производства керамзитового гравия.

Определение содержания ионов никеля (II) в исходной сточной воде и после сорбции осуществляли фотометрическим методом по стандартной методике с использованием диметилглиоксима (ФЭК АР-101, длина волны 460 нм).

Адсорбцию ионов никеля (II) проводили в статических условиях, используя метод неизменных концентраций (исходная концентрация  $C_{\text{исх}} = 4 \text{ мг/дм}^3$ ) и переменных навесок: 0,2; 0,5; 0,8; 1; 1,5; 2,5 г на 50  $\text{см}^3$  сточной воды. При очистке раствор подкисляли серной кислотой до pH=4-4,5 ед.

Эффективность очистки,  $\eta$ , вычисляли по формуле, %:

$$\eta = \frac{C_{\text{нач.}} - C_{\text{кон.}}}{C_{\text{нач.}}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{\text{нач.}}$  и  $C_{\text{кон.}}$  – исходная и конечная концентрация ионов никеля (II) в сточной воде,  $\text{мг/дм}^3$ , соответственно.

Сорбционную способность, А, мг/г, вычисляли по формуле:

$$A = \frac{(C_{\text{нач.}} - C_{\text{кон.}}) \cdot V}{m},$$

где  $C_{\text{нач.}}$  и  $C_{\text{кон.}}$  – исходная и конечная концентрация ионов никеля (II) в растворе,  $\text{мг/дм}^3$ , соответственно;  $V$  – объем раствора, используемого при адсорбции,  $\text{дм}^3$ ;  $m$  – масса навески адсорбента, г.

Из представленных данных (рис. 1) видно, что максимальная эффективность очистки достигается при максимальном расходе адсорбента керамзитовой пыли в количестве 2,5 г на 50  $\text{см}^3$ .

Было извлечено 0,0735 мг ионов никеля (II). Установлено, что

эффективность очистки сточных вод от ионов никеля (II) составляет 36,75%.



Рисунок 1. График зависимости эффективности очистки сточной воды от ионов никеля (II) от количества добавленного адсорбента – керамзитовой пыли

Изотерма адсорбции, характеризующая зависимость количества поглощенных катионов ( $A$ , мг/г) от равновесной концентрации сорбируемого компонента в растворе ( $C_{\text{кон}}$ , мг/дм<sup>3</sup>), представлена на рис. 2.

По виду изотермы (рис. 2) видно, что максимальная сорбционная емкость керамзитовой пыли по отношению к ионам Ni (II) в условиях эксперимента невелика и составляет 0,190 мг/г. Изотерма описывает мономолекулярную адсорбцию ионов на частицах керамзитовой пыли. Можно заключить, что рассматриваемый адсорбционный материал характеризуется преимущественно мезопористой структурой.

Для уточнения механизма процесса адсорбции и параметров керамзитовой пыли как сорбционного материала необходимо продолжить исследования с использованием растворов ионов никеля с более высокой концентрацией.

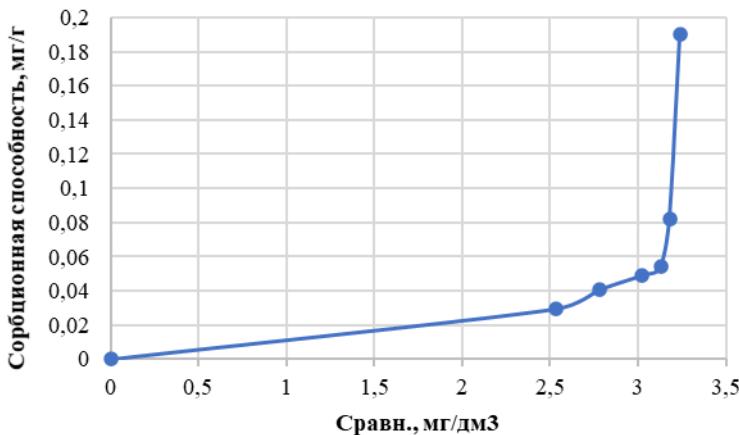


Рисунок 2. График изотермы адсорбции ионов никеля (II) на поверхности частиц керамзитовой пыли

#### Заключение

Исследована адсорбция ионов никеля (II) с начальной концентрацией 4 мг/дм<sup>3</sup> с использованием в качестве адсорбционного материала пыли газоочистки производства керамзитового гравия. Максимальная эффективность очистки составила 36,75% при расходе адсорбционного материала 2,5 г на 50 мл никельсодержащего модельного стока. Количество извлеченных ионов никеля (II) в результате очистки составило 0,0735 мг.

Сорбционная емкость керамзитовой пыли по ионам Ni (II) составила 0,190 мг/г.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### Библиографический список

- Семенов А.Ф., Либерман Е.Ю., Колесников В.А. Обзор современных методов очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов // Успехи в химии и химической технологии. - 2020. - Т.34, № 4. - С. 83-85.
- Иринчинова Н.В., Дударев В.И., Филатова Е.Г., Асламова В.С. Регрессионные модели адсорбции ионов никеля (II) углеродными сорбентами // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2021. - Т. 11, № 3. - С. 349-357.

3. Дударев В.И., Иринчинова Н.В., Филатова Е.Г. Адсорбция ионов никеля (II) из водных растворов углеродными адсорбентами // Известия вузов. Химия и хим. технология. - 2017. - Т. 60, Вып. 1. - С. 75.
4. Серпокрылов Н.С., Вильсон Е.В., Гетманцев С.В., Марочкин А.А. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами. - М.: АСВ, 2009. - 261 с.
5. Смоленская Л.М., Латыпова М.М., Свергузова С.В. Технология очистки сточных вод: метод. указания к выполнению лабораторных работ. - Белгород: Изд-во БелГТУ, 2001. - 62 с.

## УДК 628

Марченкова Е.Н., студент,  
Старостина И. В., канд. техн. наук, доц.,  
Порожнюк Л. А., канд. техн. наук, доц.,  
Лифинцев А.Н., аспирант  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

### ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ХРОМА (VI) МЕТОДОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

*Аннотация: В работе представлены результаты по использованию в качестве реагента-восстановителя растворов, полученных в результате химической модификации пыли газоочистки производства стали, для извлечения ионов хрома шестивалентного из сточных вод.*

*Ключевые слова: шестивалентный хром; очистка сточных вод; метод реагентного восстановления; химическая модификация, пыль газоочистки производства стали.*

Сточная вода характеризуется содержанием ионов хрома шестивалентного в промывных стоках и отработанных технологических растворах, образующихся в процессе хромирования, при химической обработке поверхностей стальных изделий (травление, пассивирование).

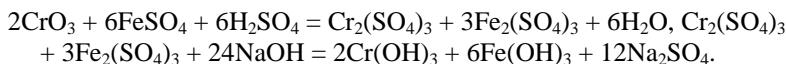
Токсическое действие хрома увеличивается с валентностью. Шестивалентный хром относится к I классу опасных веществ. Все соединения хрома (VI) являются крайне токсичными. Обладая аллергическим, мутагенным, тератогенным и канцерогенным действиями, они оказывают влияние на состав и свойства природных вод, вызывая необратимые изменения в организмах растений и животных, а через них воздействуют на всю биосферу. Соединения шестивалентного хрома хорошо растворимы в широком диапазоне pH, вследствие чего данные соединения не могут быть удалены из воды стандартными способами очистки (коагуляция, осаждение) [1, 2].

Для удаления соединений шестивалентного хрома из сточных вод в настоящее время существуют различные методы (реагентные, электрохимические (электрофлотация, электрокоагуляция), обратный осмос, ионообмен и т.д.), а также способы и устройства, однако ни один из них нельзя считать универсальным [2].

Наибольшее распространение получил реагентный метод нейтрализации жидких хромсодержащих стоков, основанный на восстановлении ионов Cr (VI) до трехвалентного состояния в кислой среде, с последующим осаждением гидроксида хрома (III) при pH 8,5-9. В качестве реагентов-восстановителей чаще всего используют натриевые соли сернистой кислоты – сульфиты  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , бисульфиты  $\text{NaHSO}_3$ , дитиониты  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , пиросульфиты  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  и соединения железа (II). Для осаждения трехвалентного хрома в виде гидроксида  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  сточные воды подвергают нейтрализации с использованием реагентов - нейтрализаторов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  [3, 4].

К основным недостаткам натриевых солей сернистой кислоты можно отнести узкий диапазон эффективных pH (2-2,5) реакционной смеси, что требует дополнительного подкисления сточных вод 10-15% раствором серной кислоты, и недопустимость передозирования восстановителя. Перерасход реагента даже на 10% ведет к образованию комплексных солей трехвалентного хрома и серной кислоты, которые не полностью разрушаются при последующей нейтрализации сточных вод.

При использовании в качестве восстановителя сульфата железа (II) реакция идет с высокой скоростью не только в кислой, но и в нейтральной и щелочной среде. Реакции восстановления и осаждения хрома протекают по следующим уравнениям:



Недостатками являются значительный расход реагентов для нейтрализации хромсодержащих отходов, а в результате обработки образуется большое количество труднофильтруемого осадка[5].

Осаждение трехвалентного хрома в виде гидроксидов осуществляется отстаиванием, фильтрованием воды через фильтр-пресс с получением гальваношлама и доочисткой фильтрата (осветленного раствора).

Содержание Cr (VI) в очищенных растворах определяли по стандартной методике с добавлением дифенилкарбазида [6].

В данной работе в качестве восстановителя использовали реагент, содержащий в своем составе сульфаты железа, полученные в

результате кислотной модификации пыли газоочистки сталеплавильного производства (ЭСПЦ).

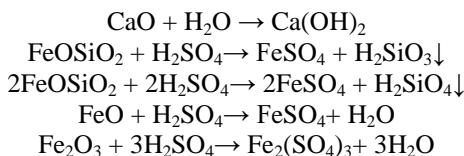
Пыль ЭСПЦ образуется на стадии обеспыливания отходящих газов электродуговых печей производства стали ОЭМК. Химический состав пыли представлен в табл. 1 [7].

Таблица 1. Химический состав пыли ЭСПЦ, мас.%

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	ZnO	MgO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO
55,3	13,49	11,47	6,47	5,52	5,31	3,86	2,0	0,7	0,27	0,12

Химическую модификацию пыли газоочистки осуществляли растворами серной кислоты разной концентрации при различном соотношении пыль (г) : раствор(мл).

При добавлении к пыли ЭСПЦ растворами H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> происходит растворение основных соединений, входящих в состав пыли, по схемам:



Таким образом, продукты модификации пыли ЭСПЦ содержат сульфаты железа (II) и (III).

Полученные суспензии перемешивали в течение 2 часов, затем нерастворимую часть отделяли фильтрованием, а полученные фильтраты с условным обозначением А2 и Б2 использовали в качестве реагентов.

В пробы модельной сточной воды с начальной концентрацией ионов Cr (VI)=2,86 мг/дм<sup>3</sup> прибавляли восстановитель – продукты кислотной модификации пыли ЭСПЦ в объеме 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5 и 7 мл, корректировали pH среды 2H раствором NaOH до значений 8,5-9 ед.

Образовавшийся в ходе реакции осадок Cr(OH)<sub>3</sub> и Fe(OH)<sub>3</sub> отфильтровывали. В полученных фильтратах определяли остаточное содержание ионов Cr (VI) и эффективность очистки сточной воды. Полученные результаты представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2. Конечное содержание ионов хрома (VI) в модельных стоках после использования реагентов-восстановителей, полученных в результате кислотной модификации пыли ЭСПЦ

№ пробы	V реагента, мл	C <sub>кон. р-ра</sub> , мг/дм <sup>3</sup> , при использовании реагентов	
		A2	Б2
1	0,5	1,254	1,270
	1,0	1,254	1,264
2	1,5	1,254	1,262
3	2,5	1,252	1,260
4	5	1,252	1,257
5	7	1,252	1,254

Эффективность очистки сточной воды,  $\eta$ , определяют по формуле, %:

$$\eta = \frac{C_{\text{нач.}} - C_{\text{кон.}}}{C_{\text{нач.}}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{\text{нач.}}$ ,  $C_{\text{кон.}}$  – концентрация ионов хрома (IV) в исходной и очищенной сточной воде, соответственно, мг/дм<sup>3</sup>.

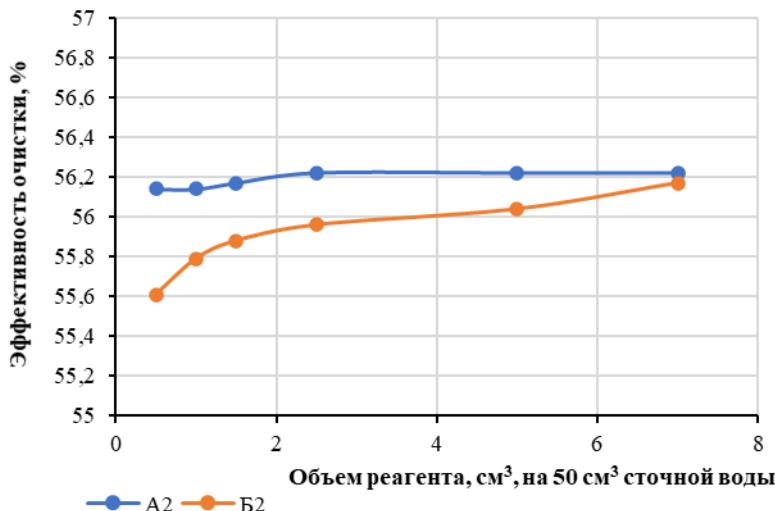


Рисунок 1. График зависимости степени очистки сточной воды от ионов хрома (VI) от объема добавленных реагентов, полученных на основе пыли газоочистки сталеплавильного производства

Из представленных данных (рис. 2) видно, что наиболее эффективным является использование в качестве реагента-восстановителя раствора, полученного в результате кислотной модификации пыли ЭСПЦ раствором серной кислоты, с условным обозначением А2. Максимальное значение эффективности очистки – 56,22% достигнуто при расходе восстановителя в интервале от 2,5 см<sup>3</sup> до 7 см<sup>3</sup> на 50 см<sup>3</sup> сточной воды. В качестве оптимального расхода реагента-восстановителя А2 принято 2,5 см<sup>3</sup> на 50 см<sup>3</sup>. Было извлечено 0,084 мг ионов Cr (VI).

#### *Заключение*

В процессе экспериментов доказана высокая восстановительная способность реагента, полученного в результате кислотной модификации пыли газоочистки сталеплавильного производства, в процессах удаления из воды соединений хрома (VI) в широком диапазоне рН, что делает его более выгодным по сравнению с натриевыми солями сернистой кислоты. Предложенный способ очистки сточных вод от ионов шестивалентного хрома позволяет получить высокую степень очистки хромсодержащих сточных вод и утилизировать отходы металлургического комплекса.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. - М.: Глобус. Изд. 2-е, перераб. и доп., 2002. - 352 с.
2. Карагаев О. Р., Кудрявцева Е. С., Мингазетдинов И. Х. Очистка сточных вод от ионов шестивалентного хрома // Промышленные биотехнологии. - 2016. - С. 3.
3. Лоскутов В.И., Залевский Д.В. Идентификация процесса осаждения шестивалентного хрома реагентным методом в технологии очистки сточных вод гальванотехники // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2012. - № 5. - С. 148-152.
4. Чернышев П. И., Визен Н.С., Кузин Е.Н., Кручинина Н.Е., Халиуллина Д. Р. Очистка сточных вод от ионов хрома (VI) // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. - Т. XXXII, № 12. - С.79-81.
5. Цыбульская О.Н., Ксеник Т.В., Юдаков А.А., Кисель А.А., Перфильев А.В. Использование железосодержащих реагентов и отходов металлообработки для обезвреживания хромсодержащих гальванических стоков // Новые технологии переработки отходов производства Вестник ДВО РАН. - 2016. - № 6. - С. 70-76.

6. Смоленская Л. М., Латыпова М. М., Свергузова С. В. Технология очистки сточных вод: метод. указания к выполнению лаб. работ. - Белгород: БелГТАСМ, 2001. - 62 с.

7. Лушников А.С., Беседина Н.В., Писклов М.А., Сыса В.И., Старостина И.В., Шевцова Р.Г. Использование модифицированного железосодержащего отхода в очистке сточных вод // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: мат-лы Междунар. научной конф., Алушта-Белгород, 30 мая-03 июня 2023 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. - С. 190-194.

**УДК 577. 161. 1 : 543. 48**

**Марченкова Е.Н., студентка**

**Сухорукова М.В., студентка**

**Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент**  
**БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОВИТАМИНА А СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*Аннотация: В работе проводили количественное определение каротина в листьях сосны фотометрическим методом по двум методикам определения провитамина А. Отличие заключается в использовании в колориметрии фиксированных длин волн, которые находятся только в видимом диапазоне, в то время как в спектрофотометрии можно использовать длины волн в более широком диапазоне. Результаты работы сравнили с теоретическими сведениями о содержании каротина в различной растительной продукции.*

*Ключевые слова: витамин А; строение витамина А; метод определения витамина А.*

Витамин А является жирорастворимым витамином и включает ряд близких по структуре соединений: ретинол (витамин А-спирт, витамин А1, аксерофтол); дегидроретинол (витамин А2); ретиналь (ретинен, витамин А-альдегид); ретинолевая кислота (витамин А-кислота); эфиры этих веществ и их пространственные изомеры [1, 2].

Жирорастворимый витамин А представляет собой циклический непредельный одноатомный спирт, состоящий из ретинолового кольца и боковой цепи, построенной из 2-х остатков изопрена и первичной спиртовой группы (рис. 1):

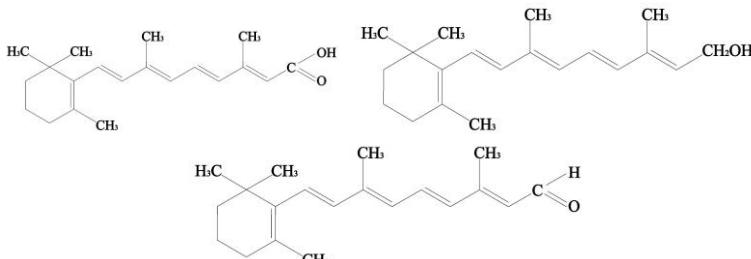


Рисунок 1. Строение витамина А

К группе витаминов А относятся несколько веществ, близких по строению и физиологическим функциям. Каротиноиды являются провитаминами А. По химическому строению каротиноиды разделены на каротины – ненасыщенные углеводороды, содержащие только углерод и водород, и ксантофиллы, которые кроме углерода и водорода содержат еще и кислород. Спиртовая форма витамина А – ретинол, который в организме окисляется до ретиналя и ретиноевой кислоты. Витамин А может образовываться в слизистой кишечника и печени из провитаминов –  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -каротинов под действием каротиноксигеназы.  $\beta$ -каротин служит предшественником двух молекул ретинола, из других провитаминов может быть образована только одна молекула витамина А [3, 11].

Суточные нормы потребности человека в витамине А составляют для взрослых – 1,5 мг; для беременных и кормящих женщин – 2 мг; для детей: до 1 года – 0,5 мг, от 1 до 3 лет – 1 мг, от 4 до 6 лет – 1 мг, от 7 до 15 лет – 1,5 мг; для юношей и девушек (от 16 до 22 лет) – 1,5 мг. При потреблении каротина норма повышается в два раза [2].

Роль витамина А в организме: зрительная (восприятие света); антиоксидативная; репродуктивная; нормальная дифференцировка клеток эмбриона, эпителия, кости; антиопухолевая; антиинфекционная; синтез РНК, гликопротеинов, сурфактанта, белков матрикса [4].

Растительные продукты содержат предшественник витамина А – каротин. Содержание каротиноидов в растениях существенно изменяется в течение вегетации. Повышенное содержание каротиноидов в зеленых листьях растений наблюдается в ранних фазах развития, по мере старения растений содержание каротиноидов в них резко снижается. Основной функцией каротиноидов в растениях является участие в процессе фотосинтеза [5].

Большое разнообразие каротиноидных пигментов характерно для сине-зеленых водорослей, которые являются первыми

фотосинтезирующими организмами, перешедшими от фоторедукции к фотосинтезу с выделением кислорода. Из каротиноидных пигментов у них преобладают  $\beta$ -каротин, эхиненон и миксоксантофилл [6].

В продуктах животного происхождения витамин А представлен ретинолом. В процессе переваривания пищи жирорастворимые витамины одновременно всасываются с жирами из тонкого кишечника и поступают в кровь или запасаются в мышечных тканях и печени [7].

Витамин А поступает в организм главным образом с пищей животного. Присутствует в мясе: куриная и свиная печень, печень крупного рогатого скота, печень трески; говяжье сердце. В молочных продуктах: сливочное масло, сметана, сливки, сыр, творог. Кроме того, содержится в рыбьем жире, желтках яиц, икре рыб [9, 10].

В небольшом количестве провитамины содержатся в зеленом луке, петрушке, спарже, шпинате, красном перце, черной смородине, чернике, крыжовнике, абрикосах [6].

Витамин А токсичен. Его употребление в больших дозах приводит к гипервитаминозу. Наблюдается острое отравление, которое сопровождается сильной головной болью, тошнотой, рвотой, повышением температуры, бессонницей, воспалением глаз, покраснением кожи лица, сухостью и зудом кожи, болью в суставах и костях [8].

Спектрофотометрическое определение провитамина А (каротина) проводили по двум методикам: практикума «Лабораторный практикум по биохимии растений» (авторы Н.Н. Новиков, Т.В. Таразанова) [12] и ГОСТ Р 54635-2011 «Метод определения витамина А» [13].

По первой методике навеску из свежих листьев 0,2–1,0 г растирали в течение 5 мин в фарфоровой ступке со стеклянным или кварцевым песком, добавляя небольшое количество  $MgCO_3$  и 5–10 мл ацетона (рис. 1). Затем полученную массу экстрагировали до обесцвечивания материала. Измеряли общий объем вытяжки и переносили в пробирки с притертymi пробками.



Рисунок 1. Приготовление экстракта

Для расчета концентрации на спектрофотометре определяется оптическая плотность экстракта (рис. 3) при длинах волн 440, 644, 662 нм:

$$C = 4,7 \cdot E_{440} - 0,268 \cdot (5,134 \cdot E_{662} + 20,44 \cdot E_{644}) \quad (I)$$

$$C = 4,7 \cdot 3,497 - 0,268 \cdot (5,134 \cdot 1,96 + 20,44 \cdot 1,44) = 5,85 \text{ мкг/мл}$$

Из значений экстинкций при указанных длинах волн вычисляем концентрацию пигмента в ацетоновой вытяжке в мкг/мл. Исходя из найденных концентраций, рассчитываем содержание его в исследуемом образце (в мкг/г сухого вещества) по формуле (II):

$$C = Cx \cdot \frac{V \cdot n}{m} \quad (II)$$

где  $C$  – концентрация пигмента (мкг/г сухого веса);  $Cx$  – концентрация пигмента (мкг/мл);  $V$  – объем экстракта (мл);  $m$  – масса сырья (г);  $n$  – коэффициент разведения [13].

$$C = 5,85 \cdot \frac{7 \cdot 5}{3,01} = 68,02 \text{ (мкг/г).}$$

Определение содержания каротина по второй методике заключалось в следующем [12]. Навеску растительного материала 3 г растирали в ступке с небольшим количеством кварцевого песка до получения однородной массы. При анализе сырого растительного материала для его обезвоживания в ступку добавляли 6 г прокаленного сульфата натрия (2 г на 1 г сырой растительной массы). К измельченному растительному материалу приливали 5 мл бензина и полученную смесь интенсивно перемешивали пестиком в течение 15 минут в вытяжном шкафу. Смесь измельченного растительного материала в бензине переносили из ступки в колонку, размещая её на поверхности оксида алюминия. Под нижний конец колонки

устанавливали мерную колбу на 50 мл (рис. 3).



Рисунок 2. Определение оптической плотности экстракта

Осторожно уплотняя содержимое колонки стеклянной палочкой, добивались, чтобы бензиновый экстракт протекал через колонку медленно. Порциями по 5–10 мл ополаскивали 3 раза ступку и пестик бензином и сливали его в колонку. Экстракцию бензином проводили до тех пор, пока объем бензинового экстракта в мерной колбе не достиг 50 мл. Последние капли бензина, выходящего из колонки, должны быть бесцветными. Если цвет бензинового экстракта в мерной колбе зеленый, то его повторно пропускали через хроматографическую колонку.

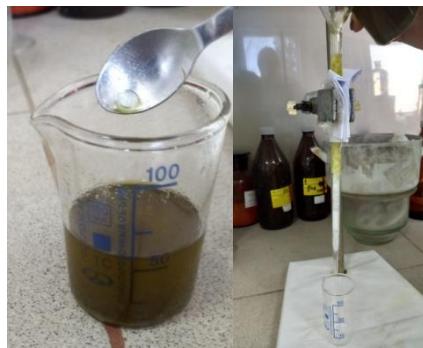


Рисунок 3. Колонка с экстрактом

Оптическую плотность бензинового раствора каротина измеряли на фотоэлектроколориметре при длине волны 440 нм. Одновременно измеряли также оптическую плотность стандартного раствора бихромата калия (рис. 4).



Рисунок 4. Определение оптической плотности

Обработка и оценка результатов. Содержание каротина в растительной пробе вычисляют по формуле (III):

$$C_K = \frac{0,00416 \cdot V \cdot D1 \cdot 100}{H \cdot D2} \quad (III)$$

где  $C_K$  – содержание каротина в растительном образце, мг %; 0,00416 – количество каротина в 1 мл стандартного раствора (по раствору бихромата калия), мг;  $V$  – объем бензинового раствора каротина, равный 50 мл;  $D1$  – оптическая плотность раствора каротина в бензине; 100 – пересчет содержания каротина в мг%;  $H$  – навеска растительного материала, г;  $D2$  – оптическая плотность стандартного раствора бихромата калия.

$$C_K = \frac{0,00416 \cdot 45 \cdot 0,269 \cdot 100}{3 \cdot 0,149} = 11,27 \text{ (мг %).}$$

Полученный результат сравнивали с теоретическими сведениями о содержании каротина в различной растительной продукции с учетом влияния на этот показатель природно-климатических условий, режима питания растений, способа и срока хранения продукции и делают выводы о качестве анализируемой растительной продукции [12]. В ходе проведенного эксперимента можно сделать несколько выводов:

1. Для количественного определения провитамина А используют колориметрический метод, основанный на измерении оптической плотности растворов, содержащих некоторое количество исследуемого вещества.

2. В ходе количественного определения провитамина А было установлено, что в образце, используемом в первом методе определения, содержание каротиноидов равно 68,02 (мкг/г), а по второй методике – 11,27 (мг%). Согласно теоретическим сведениям, содержание каротина в зеленых листьях в осенний период должно составлять 11,48 мг%.

### **Библиографический список**

1. Шапиро Д.К. Практикум по биологической химии: учебное пособие / Минск: «Вышэйшая школа», 1976. С. 285–286.
2. Канюков В.Н., Стрекаловская А.Д., Санеева Т.А. Витамины: учебное пособие / Оренбург: ОГУ, 2012. С. 108–110.
3. Булавинцева О.А., Егорова И. Э. Витамины: учебно-методическое пособие / ВПО ИГМУ Минздрава России.Иркутск: ИГМУ, 2014. С. 18-19.
4. Кухта В.К., Морозкина Т.С. Биологическая химия / М: БИНОМ, 2008. С. 689–690.
5. Сапаркычева С.Е. Содержание каротина (провитамина А) в растениях и его физиологическая значимость // Аграрное образование и наука. 2021. № 3. С. 4–5.
6. Савченко А.А., Анисимова Е.Н., Борисов А.Г., Кондаков А.Е. Витамины как основа иммунометаболической терапии / Красноярск: КрасГМУ. 2011. С. 213–214.
7. Гусев Н.Ф. Витамины. Эколого-биологические аспекты применения: монография. Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2017. С. 40–41.
8. Захарченко А. Е., Лазовская В. В., Поддубная П. В. Витамины и их роль в обмене веществ // Медицинские науки. 2015. С. 11–12.
9. Теплова А.И. Витамины и минералы для жизни и здоровья / Изд. СпецЛит. Издание 2-е, стер. 2016. С. 9-11.
10. Ключников С. О., Гнетнева Е.С., Нечаев Н. Л. Витамин а- и β-каротин: целесообразность применения в педиатрической практике // Педиатрия. 2007. Том 86. № 6. С. 117–122.
11. Ноздрин В.И., Волков Ю.Т. Фармакологические свойства биологически активных форм витамина А / М.: Ретинойды, 2013. С. 15–17.
12. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений: Учебное пособие / М.: Изд. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. С. 97–99.
13. ГОСТ Р 54635-2011. Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А. / М.: Изд-во стандартов, 2

**УДК 631.535.5**

**Маслова Е.В. канд.биол. наук, доц.**

**Шеховцова Л. В. магистрант**

**Власенко Ю. В. магистрант**

**Прибылов Д.А. студент – бакалавр**

**Чурикова Д.А. студент-бакалавр**

**(Национальный исследовательский университет Белгородский  
государственный университет, г. Белгород, Россия )**

### **ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОЛИРОВАННОЙ КУЛЬТУРЫ ЦЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА LAMIACEAE**

**Аннотация:** Цель данного исследования заключается в актуализации клеточных технологий сохранения редких и исчезающих растений *Prunella L.*. Совокупность методов *in vitro* даёт возможность сохранить лекарственных, редких растений, а также извлекать биологически активные вещества, которые в дальнейшем могут быть использованы в различных сферах жизни. Для достижения данной цели были проанализированы и оценены такие стерилизаторы, как раствор белизны, раствор перекиси водорода, раствор лизоформина, раствор биоцида в качестве стерилизующих агентов семян *Prunella grandiflora L.*

**Ключевые слова:** *Prunella grandiflora L.*, микроклональное размножение, введение в культуру *in vitro*, стерилизация растительных эксплантов.

Черноголовка (*Prunella grandiflora L.*), семейство Губоцветные или Яснотковые (лат. Lamiaceae, Labiatae) является многолетним травянистым растением с ползучим корневищем, четырехгранным стеблем и супротивными листьями. верхние листья сидячие, зубчатые. Растение имеет обоеполые, мелкие цветки, фиолетово-синие или синие, в головчатых соцветиях. Околоцветник двойной, 5-членный. Венчик двугубый, с трехлопастной нижней губой, 4 тычинки. Завязь верхняя, при созревании образует 4 полумерикарпия. Семена без эндосперма. Цветет, как правило, с июня по сентябрь. В роде *Prunella L.* имеет 15 видов многолетних трав, которые произрастают практически повсеместно, особенно в Средиземноморье. Важно отметить, что на территории России встречаются только 3 вида (черноголовка обыкновенная – *prunella vulgaris*, черноголовка крупноцветковая – *prunella grandiflora*, черноголовка разрезная – *prunella acinata*).

Растение характеризуется богатым химическим составом, содержит ароматические вещества (спирты, альдегиды, кетоны и др.), растворимые неорганические соли, а в частности хлористый кальций, эфирное масло, витамины (С и К), каротин, сапонины, комплекс углеводов, кумарины, антоцианы, флавоноиды, горькие дубильные вещества, фенольные кислоты. В надземной части черноголовки были обнаружены дитерпеноиды, стероиды, фенолкарбоновые кислоты и их производные. В масле семян черноголовки обнаружены лимонная, яблочная, щавелевая, аскорбиновая кислоты, камфору, каротин, витамин К, С. *Prunella grandiflora L.* не является фармакопейным растением, однако активно используется в альтернативной медицине, в качестве кровоостанавливающего, обезболивающего, диуретического, гипотензивного средства. В качестве противоопухолевых качеств выступает урсоловая кислота и карофиллин, которые способны подавлять рост и развитие неконтролируемых раковых клеток. Ввиду наличия дубильных веществ, растение обладает вяжущим,

ранозаживляющим свойством, действует как антисептик. Витамин С, в химическом составе, обуславливает антиоксидантное и жаропонижающее свойство.

Народная медицина имеет многочисленные рецепты настоев из цветков и используется как мочегонное и жаропонижающее средство. А также, в китайской народной медицине черноголовка обыкновенная популярна в качестве антибиотика против инфекционных болезней, многих патогенных микроорганизмов, таких как кишечная палочка.

Однако, следует помнить, что растение является ядовитым и нередко вызывает побочные явления, такие как тошноту, головокружение, режущие боли в животе, поэтому перед применением в качестве дополнительного средства при основном лечении, следует проконсультироваться с врачом, тщательнее подбирать дозировку. Препараторы и настои из черноголовки крупноцветковой могут понижать кровяное давление, улучшают мочеотделение. В надземных частях растения обнаружена в большом количестве розмариновая кислота, которая имеет антиоксидантные характеристики. Так, она обладает противомутагенной, противовоспалительной, противоаллергической, антипролиферативной активностью, а также антидепрессантным действием. Учитывая, что все известные растения, содержащие эту кислоту растут в основном в южных зонах европейской территории России можно предположить, что данное направление культивирования этого растения будет перспективным и актуально.

Следует отметить также, что противомикробные свойства растения обуславливают эффективность применения мазей на основе экстрактов растения. Поэтому данное направление активно изучается в науке.

В современном мире остро стоит проблема сохранения редких и исчезающих растений. Способ решения данной задачи лежит в использовании методов клеточных технологий, введения в культуру *in vitro* исходного растительного материала и последующем микроклональном размножении.

Микроклональное размножение растение обретает всю большую популярность по сравнению с традиционными методами размножения растений ввиду неоспоримых преимуществ. Во-первых, методы клеточных технологий позволяют в значительной мере снизить риск развития бактериальных, вирусных, микоплазменной инфекции посадочного материала. Во-вторых, дает возможность получения генетически однородных растительных организмов. Кроме того, при микроклональном размножении характерно высокое воспроизводство

растительных эксплантов. Важно отметить, что клеточные технологии дают возможность производить сорта и виды растений, которые с трудом выращиваются традиционным способом.

На успех клonalного микроразмножения влияют выбор стерилизующего агента, выбор наиболее подходящей питательной среды, физико-химические условия культивирования, а также физиологические особенности выбранного растения. Стерилизация растительного материала, а в частности семян, является одной из самых важных и значимых сторон процесса культивирования растения.

На данный момент времени используется метод дробной стерилизации с подбором антимикробных химических соединений. В этом отношении подбор стерилизатора, его концентрации, времени обработки исходного материала строго специфичны.

Целью данного исследования является подбор эффективного стерилизатора, концентрации и времени обработки им исходного материала, а в частности семян черноголовки крупноцветковой.

Перед началом стерилизации семена пребывали в мыльном растворе и промывались несколько раз водопроводной, а следом дистиллированной водой. Все дальнейшие манипуляции с растительным материалом проводились в боксе микробиологической безопасности «Lamsystems», типа A2.

Затем проводилась обработка семян различными стерилизующими агентами. После чего отмывались 3 раза по 15 минут стерильной дистиллированной водой. Первым стерилизатором был выбран «Лизоформин 3000», в составе которого находятся глутаровый альдегид, глиоксаль, дидецилдиметиламмоний хлорид. Вторым стерилизующим раствором была «Белизна», которая содержит в своем составе гипохлорит натрия в концентрации от 5% до 15%. В процессе стерилизации имел место быть раствор «Биоцид-С». Четвертым стерилизатором была перекись водорода. Время воздействия составляло 10, 15, 20 минут. После чего семена вводили в культуру *in vitro* на безгормональную питательную среду, по 8 эксплантов в одну баночку. Дальнейшее проращивание растительного материала проводилось в термостате при 23 °С. Каждую неделю проводился анализ проросших семян и не зараженных инфекцией от общего числа вводимых в культуру.

Обработка результатов проводилась на основе методов математической статистики. Вычисление средней арифметической, критерия Мана-Уитни для оценки достоверности полученных данных было проведено с помощью Microsoft Office Excel.

Нередко обработка растительного материала агрессивными стерилизаторами приводит к нежелательным результатам, поэтому важно не только провести стерилизацию, но и сохранить жизнеспособность семян.

Наиболее эффективным стерилизующим агентом для вида *P. grandiflora L.* является раствор «Белизна» 5-15% при времени стерилизации 20 минут, так как при таком способе обработки получено оптимальное соотношение процента стерильных семян к проценту жизнеспособных эксплантов. Также важно отметить, что в качестве стерилизатора можно использовать «Биоцид». Выбор в пользу «Лизоформина 3000» не является целесообразным, так как процент жизнеспособных семян стремится к нулю.

#### **Библиографический список:**

1. Абрамчук А. В. Дикорастущие травянистые растения и их фармакологические свойства/ А. В. Абрамчук. – Екатеринбург. 2003. – 55 с.
2. Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Том 4. Семейства Caprifoliaceae – Lobeliaceae. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2011. — 630 с.
3. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учебное пособие. – М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
4. Дмитрук С.И. Действие экстракта черноголовки на экспериментальный тонзиллит // Природные ресурсы Сибири (Сибресурс -4-98): тез. докл. 4-й Междунар. науч. практ. конф. – Томск, 1998. – 210 с.
5. Думачева Е.В., Чернявских В.И., Бородаева Ж.А. Биологические ресурсы семейства Lamiaceae Lindl. в условиях мелового юга Среднерусской возвышенности //Научные ведомости Белгородского государственного университета.. – 2015. – 36-41 с.
6. Гончарова Т. А. Энциклопедия лекарственных растений / Т. А. Гончарова. – М.: изд-во Дом МСП, 2001. – Т.1 – 560 с; Т.2 – 528 с.
7. Мокшин Е.В. Культура клеток и тканей растений. – М.: Нобель Пресс, 2013. – 106 с.

Миндзебеле Темахонхоси Сифесихле  
Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доц.,  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## ОПЫТ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КОРОЛЕВСТВЕ ЭСВАТИНИ

*Аннотация: Состояние земель большинства стран является отражением процессов, связанных с особенностями климата, техникой возделывания и антропогенным воздействием. В составе земельного фонда ряда государств имеются значительные площади земель, загрязненные токсичными химическими веществами, захламленные свалками, эродированные и подтопленные. Такие земли не пригодны для дальнейшего использования и негативно сказываются на состоянии природных и антропогенных компонентах окружающей среды.*

*Решением проблемы может стать применение опыта по рекультивации нарушенных земель, в том числе с применением биотехнологий.*

*Ключевые слова: способ, рекультивация, нарушенные земли, биотехнологии.*

Королевство Эсватини, ранее называвшееся Свазиленд, страна на юге Африки, граничит с Мозамбиком на северо-востоке и Южной Африкой на севере, западе, юге и юго-востоке. Эсватини является одной из самых маленьких стран Африки и характеризуется разнообразным климатом от прохладного и гористого высокогорья до жарких и сухих низменностей.

В Королевстве развивается растениеводство и животноводство, в основном натуральное. В целом, сельскохозяйственное производство остается низким, а используемая технология –rudиментарной.

Многие из основных статей экспорта Эсватини – это сырье, сельскохозяйственная продукция, поэтому она уязвима для меняющегося климата. Для Эсватини характерно уменьшение количества осадков, постоянная засуха и усиление интенсивности ветров. Это приводит к опустыниванию и уменьшению стока рек. С экономической точки зрения изменение климата уже оказало неблагоприятное воздействие на Эсватини. Например, засуха 2015–2016 г.г. сократила экспорт производства сахара и концентратов безалкогольных напитков (крупнейший экономический экспорт Эсватини).

Важное значение для экономической стабильности государства имеют почвенные ресурсы и их экологическое состояние. Анализ

литературных источников позволил составить следующую классификацию почв Свазiland'a:

1. Гидроморфные почвы. Первая группа – это, преимущественно, глинистые почвы, с относительно большим количеством кальция и магния; вторая группа – преимущественно песчаные почвы, как правило, имеет относительно низкое содержание минералов, выделяющих основания. Поэтому эти две группы были названы известковыми гидроморфными почвами и некальковыми гидроморфными почвами.

2. Орто-ферраллитные. Эти почвы преобладают в районах, где среднегодовое количество осадков превышает 115 мм. В таких условиях образуются высокопористые, сильно выщелоченные почвы. В их глинистых отложениях содержатся каолинит и полуокиси железа и алюминия. В большинстве почв некоторые сесквиоксиды алюминия гидратируются, образуя часто заметные количества гиббсита.

3. Илистые почвы. В отличие от красных зернистых глин илистые почвы имеют наиболее нестабильную микроструктуру, слабое развитие даже под микроскопом естественной растительности. Из-за сильных ветров с высокой интенсивностью высвобождение кинетической энергии от осадков возможна быстрая эрозия этого типа почвы на поверхности.

4. Красные глины при высыхании образуют заметную крошку. Подпочвы обычно имеют иссиня-черный металлический вид, ферромарганец или железомарганец, как их называют в современной терминологии и конкрециях. Кроме того, они обладают гораздо более высоким обменным статусом магния и кальция, потому что красные глины образуются из основных пород, которые, как правило, образуются на одной и той же материнской породе. Однако они могут сопровождаться токсичностью хрома и никеля. Почвы окружены высокопроницаемыми параферраллитовыми почвами, с которыми они также образуют маргинальные промежуточные слои, в просторечии называемые «контактными» почвами.

5. Ферриаллитовые почвы подвергаются повышенной степени выветривания по сравнению с почвами, описанными до сих пор. Хотя насыщенность базы часто может быть высокой, а запасы полезных ископаемых, пригодных для атмосферных воздействий, в некоторых случаях заметны, и они имеют хороший внешний дренаж. Однако более высокая интенсивность выветривания отражается преобладанием каолинита в глинистой фракции.

6. Вертисоли образуются в основном на основных магматических породах, хотя они встречаются в гораздо меньшей степени на других

исходных материалах, способных образовывать почвы с высоким содержанием глины, особенно на некоторых метаморфизованных сланцах. Как правило, это, но не всегда, почвы темного цвета. Морфологически все они характеризуются различной степенью внутреннего движения почвы или вспенивания, что является результатом попеременного увлажнения и высыхания почв с высоким содержанием расширения.

7. Литозоли. Эти почвы подстилаются скальными или гравийными выветривающимися породами на глубине десяти дюймов или менее. Из-за их неглубокой скелетной природы могут быть крутые склоны или засушливый климат в сочетании с устойчивостью подстилающей породы к атмосферным воздействиям. Текстура зависит от природы пород, из которых они образованы. Те, которые образовались на кислых или высококремнистых породах, являются преимущественно песчаные, в то время как те, что образовались на основных породах, преимущественно глинистые.

Существует целый ряд проблем состояния почв Свазиленд, среди которых наиболее значимыми являются:

1. Сельскохозяйственное, промышленное и коммерческое загрязнение;
2. Потеря пахотных земель из-за расширения городов, чрезмерного выпаса скота;
3. Не качественный дренаж, и обусловленное этим фактором, заилиение и засоление почв;
4. Долгосрочные климатические изменения с тенденцией засухи;
5. Измененный уровень рН, связанный с дефляцией и концентрированием в почве щелочных и щелочноземельных металлов;
6. Недостаток питательных веществ и органических веществ;
7. Активные эрозийные процессы, обусловленные условиями меняющегося климата и отсутствием системы противоэрзийных мероприятий;
8. Деградация земель в результате загрязнения и захламления
9. Развитие вредителей и болезней
10. Ограниченнное пространство для севооборота.

Мировой опыт, применяемый в том числе в Свазиленде, демонстрирует целый ряд методов, направленных на улучшение качества почв (табл. 1).

Сельскохозяйственные почвы Свазиленда остро нуждаются в повышении плодородия и противоэрзийных мероприятиях. Частично решить эти задачи можно внесением в верхний горизонт пахотного слоя почвы растительных отходов различной степени дисперсности.

Это могут быть стебли кукурузы, пшеницы, ячменя, сахарного тростника, отходы от переработки зерна.

Таблица 1. Методы рекультивации почвы

№	Методы рекультивации	Характеристика метода
1	Продувка воздуха	Этот метод требует нагнетания сжатого воздуха в загрязненные грунтовые воды. Это приводит к тому, что углеводороды меняют свое состояние с растворенного на парообразное. Затем процесс вакуумной экстракции удаляет загрязняющие вещества из воздуха
2	Компостирование	Методы рекультивации почвы с помощью компостирования основаны на аэробных организмах, которые превращают органические соединения в простые соединения. Таким образом, загрязненная почва наносится тонким слоем на большую площадь до тех пор, пока некоторые органические загрязнители не разлагаются биологически
3	Промывка почвы	Промывка почвы, также известная как гидравлический метод, в основном применяется, когда вам необходимо удалить неорганические загрязнения, такие как радионуклиды, тяжелые металлы или токсины. В некоторых случаях его можно использовать и для удаления органических загрязнений
4	Биофильтрация	Метод биофильтрации основан на биологической активности микроорганизмов. Сначала загрязненную почву смешивают с водой и перемещают в реакционную камеру. Затем группа микроорганизмов удаляет загрязняющие вещества из почвы
5	Фиторемедиация	При этом методе высшие растения помогают разлагать и удалять различные органические и неорганические загрязнения из почвы. Фиторемедиация также включает в себя такие методы, как фитостабилизация и фитоэкстракция/фотодеградация
6	«Электроремонт»	Этот метод используется, чтобы помочь избавиться от тяжелых металлов и полярных соединений. Это происходит благодаря электродам, вставленным в землю на противоположных сторонах загрязненной земли. Загрязняющие вещества перемещаются по почве под воздействием электромагнитного поля, а

		затем удаляются
7	Биоремедиация	Как и биофильтрация, биоремедиация также основана на активности микроорганизмов. Этот метод в основном используется для рекультивации почв, загрязненных органическими соединениями
8	Изоляция поверхности	В отличие от других методов рекультивации почвы, это физический метод, который включает в себя покрытие загрязненной почвы. Это предотвращает миграцию токсичных элементов в окружающую среду в результате дождевой или ветровой эрозии

Заглубленные на глубину 5-10 см растительные отходы могут выполнять несколько функций. С одной стороны, растительные отходы – это дополнительный источник органических веществ, способствующих улучшению плодородия. Во-вторых, растительные отходы хорошо сорбируют влагу и могут удерживать воду, способствуя сохранения влаги. Далее, растительные отходы могут выступать в качестве субстрата, на котором развивается почвенный микробиоценоз, способный разлагать органическое вещество этого субстрата. Корневая система растений, пронизывая растительный субстрат создает дополнительные условия для закрепления почвенного слоя. Таким образом достигается решение задачи по предотвращению ветровой и водной эрозии.

Также растительные отходы, имеющие сосудистую проводящую систему, обладают сорбционными свойствами. Поэтому в ряде случаев такие отходы можно использовать для связывания загрязняющих веществ (нефтепродуктов, пестицидов, тяжелых металлов) и снижения их негативного воздействия на почвенную биоту.

Наши собственные исследования связаны с изучением способа рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, отходами грибоводства.

#### **Библиографический список**

1. Haigh M. J. Surface Mining and the Environment in Europe // International Journal of Surface Mining, Reclamation, and Environment. 1993. № 7. P. 91 – 104.
2. Silburn D. M., Crow F. R. Soil properties of surface mined land // Trans. ASAE. 1984. V. 27. № 3. P. 827 – 832.
3. Bruning E., Sbornik J. Zur Frage der Rekultivierbarkeit Braunkohlentagebaus // Internationales Symposium, Leipzig. 1962. S. 325 – 359.
4. Wise M. J. The Midland Reafforesting Association: 1903–1924 and the Reclamation of Derelict Land in the Black Country // Journal of the Institute of Landscape Architects. 1962. Issue 57. P. 13 – 18.

5. Webber J. Greening the Black Country: The Work of the Midland Reafforesting Association in the Early Twentieth Century // Arboricultural Journal. 2008. Vol. 31. P. 45 – 62.
6. Lowry G. L., Brokan F. S., Breeding G. H. Alder for reforesting coal spoils in Ohio // Jornal of forestry. 1962. № 3. S. 196 – 199.
7. Groninger J., Skousen J., Angel P., Barton C., Burger J., Zipper C. Mine Reclamation Practices to Enhance Forest Development through Natural Succession // Forest Reclamation Advisory. 2007. № 5.
8. Osbourne J. M., Brearley D. R. Completion criteria – Case studies considering bond relinquishment and mine decommissioning: Western Australia // International Journal of Surface Mining, Reclamation, and Environment, 2000. №14, P. 193 – 204.
9. Reiss I. H. Strip mine reclamation-challenges, planning and concepts // Mining Congr. J. 1973. V. 59. № 4. P. 41 – 45.

**УДК 504.5**

**Мыльцева О.И., студент,  
Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, Белгород)**

## **ОЦЕНКА ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ КИЗЕЛЬГУРОВОГО ШЛАМА МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Аннотация: В работе проведен один из методов биотестирования отхода маслозэкстракционного производства – отработанного кизельгурowego шлама, образующегося в результате винтилизации подсолнечного масла. Были определены фунгицидные свойства отхода с использованием спор гриба рода *Aspergillus niger*.*

*Ключевые слова: отработанный кизельгуровый шлам, маслозэкстракционное производство, фунгицидность, гриб рода *Aspergillus niger*.*

Подсолнечное масло, которое попадает на полки магазинов, должно быть абсолютно прозрачным. Растительные воски и воскоподобные вещества, содержащиеся в семенах подсолнечника, при получении масел переходят в их состав. Для воскоподобных веществ характерна высокая температура плавления - 32-98°C, что определяет их коллоидную устойчивость и способность формировать тонкую взвесь кристаллов, так называемую «сетку» [1]. Это приводит к помутнению растительного масла, формированию осадка при длительном его хранении, что значительно ухудшает не только товарный вид и качество, но влияет и на технологические свойства масла – снижается фильтруемость, увеличивается вспенивание масла при использовании в кулинарии [2].

Для получения высококачественных растительных масел их подвергают процессу рафинации – очистке от примесей. Цикл рафинации растительного масла включает также стадию винтилизации, в процессе которой происходит удаление восковых примесей. На данной стадии масло медленно охлаждается до 8-12°C, формируя кристаллы из растительных восков и воскоподобных веществ, которые в дальнейшем отделяются от конечной продукции фильтрацией в намывных фильтрах, где в качестве фильтрующей загрузки используются тонкодисперсные минеральные материалы – перлит, диатомит (кизельгур), отбеленная глина и другие [2, 3]. Кизельгур представляет собой горную осадочную породу, состоящую из окаменелых диатомовых водорослей [2, 4].

В завершение фильтрации образуется отработанный кизельгуровый шлам - грязно-белая жирная масса с содержанием органических веществ до 70%, из которых 1,5-12% - воски и воскоподобные составляющие [4, 5]. Средний выход отхода составляет до 150 кг на 1 т готового рафинированного масла [6]. Отработанный кизельгуровый шлам относится к 4 классу опасности и как малоопасный отход отправляется на полигон ТБО или специальные площадки, на вторичную переработку идет менее 50% отхода [7].

В настоящее время различные отрасли промышленности направлены на создание способа утилизации кизельгурового шлама. Так, проведенные исследования показали возможность использования отработанного кизельгурового шлама в качестве жирсодержащей добавки при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных и птиц [8, 9], кремнеземсодержащего вещества для получения высокомодульного жидкого стекла [6, 10], сорбента для очистки вод [11 - 14] и т.д.

Однако до настоящего времени крупнотоннажного применения шламовые фильтрационные массы, включая и кизельгуровый шлам, не нашли. Учитывая, что большая часть отхода хранится на открытых площадках, то на воздухе материал подвергается интенсивному окислению с выделением токсичных веществ в окружающую среду, а также может самовоспламеняться. Следовательно, использование данного отхода сомнительно и требует определенного подхода и анализов.

*Целью данной работы является оценка токсикологических свойств шламового отхода, образуемого в процессе маслоэкстракционного производства.*

*Объекты и методы исследования.* Оценку токсикологических свойств отработанного кизельгурового шлама определяли по

фунгицидности с помощью биотестирования. Фунгицидность – свойство вещества препятствовать развитию мицелиальных грибов.

Для оценки фунгицидности использовали суспензию спор гриба из рода Аспергилл (*Aspergillus niger*). Приготовленную среду Чапека-Докса с агаром разлили в чашки Петри, нанесли суспензию спор гриба. В центр чаши поместили отход - отработанный кизельгуртовый шлам. Подготовленные таким образом образцы были помещены во влажные условия с температурой 23-25 °С. Длительность эксперимента - 14 суток.

Полученные результаты развития гриба *Aspergillus niger* на поверхности питательной среды, а также на поверхности отхода представлены на рис. 1.



а)



б)

Рисунок 1. Результаты оценки фунгицидных свойств отработанного кизельгуртового шлама: а) без увеличения; б) с увеличением в 28 раз

Таблица 1 Интенсивность развития гриба на поверхности материала [15]

Баллы	Характеристика балла
0	Под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено
1	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий
2	Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение
3	Невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом
4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25 % испытуемой поверхности
5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25 % испытуемой поверхности

Таблица 2 Оценка грибостойкости материала по степени развития пlesenевых грибов

Степень развития грибов	Оценка материала
0	Материал не является питательной средой (нейтрален или фунгистатичен)
1, 2	Материал содержит питательные вещества, которые обеспечивают незначительное развитие грибов
3, 4, 5	Материал содержит достаточное количество питательных веществ, благоприятствующих развитию грибов

Сопоставляя полученные результаты с данными таблиц 1, 2, можем сделать следующий вывод: интенсивность развития гриба *Aspergillus niger* составляет 5 баллов, так как невооруженным глазом отчетливо видно развитие гриба, покрывающего более 25% испытуемой поверхности. Следовательно, материал содержит достаточное количество питательных веществ для развития гриба и фунгицидные свойства у него отсутствуют.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### Библиографический список

1. Берёзов С.П. Применение перлита Nordisk Perlite в процессе винтилизации масел // Масла и жиры. - 2010. - № 5-6. - С.14-17.
2. Арутюнян Н.С., Корнева Е.П., Нестерова Е.А. Рафинация масел и жиров. Теоретические основы, практика, технология, оборудование. – СПб.: ГИОРД, 2004. 288 с.
3. Бутина Е.А. Применение отбелывающих земель на основе диатомита для отбелки растительных масел // Масла и жиры. 2012. Вып. 2. С. 17-19.
4. Косулина Т.П., Цокур О.С., Левашов А.С., Лукина Д.Ю. Некоторые свойства и состав отходов масложировой промышленности стадии винтилизации растительного масла // Экологический вестник научных центров ЧЭС. - 2013. - № 4. - С. 67–75.
5. Патент РФ 2488425 Способ регенерации отработанного фильтрующего материала / Сулырев А.В., Яруллин Р.Н., Мустафин М.Т., Яруллин Р.Р., Султанов И.Ю., 2013г.
6. Попова Л.В., Жеребцова А.М. Вторичное использование отработанных фильтровальных порошков стадии вымораживания подсолнечного масла // Актуальные вопросы современной науки: матлы XXIII

Междунар. научно-практ. конф., 29 апр. 2014 г., г. Таганрог, - Таганрог, 2014. - С. 192-195.

7. Старостина И.В., Порожнюк Л.А., Никитина А.Е., Плотникова О.А., Костина Е.К., Калашникова К.А., Шламовый отход стадии винтилизации растительных масел – основные направления переработки и утилизации // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: мат-лы Междунар. научно-техн. конф., Алушта, 04-08 июня 2018 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. - С. 163-172.

8. Кононенко С.И., Чиков А.Е. и др. Жировая добавка для цыплят-бройлеров из отходов маслоз extrакционной промышленности // Проблемы биологии продуктивных животных. 2009. № 3. С. 26-34. 22.

9. Лисицын А., Мачигин В., Григорьева В. Отходы масложировой промышленности в кормах // Комбикорма. - 2007. - № 1. - С. 74.

10. Патент 2 549 407 РФ, МПК C01B 33/32. Способ получения высокомодульного жидкого стекла / Цатурян А.С., Красавцев Б.Е., Симкин В.Б. и др. заявл. 30.09.2013; опубл. 27.04.2015.

11. Старостина И.В., Свергузова С.В., Столяров Д.В., Порожнюк Е.В., Аничина Я.Н., Шайхиев И.Г. Отработанный кизельгурный шлам маслоз extrакционного производства - сырье для получения сорбционного материала // Вестник Технологического университета. 2017. Т.20. № 16. С.133-136.

12. Никитина А.Е., Старостина И.В., Порожнюк Е.В., Анищенко И.В., Боднарь О.Б. Применение карбонизированного углеродсодержащего отхода маслоз extrакционного производства для сорбционной очистки сточных вод эмульгированных нефтепродуктов / Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2018. № 12. С. 23-29.

13. Starostina I.V., Nikitina A.E., Kosukhin M.M., Starostina Y.L. Efficient carbonaceous sorbent based on the waste sludge of oil extraction industry for purifying wastewater from petroleum products/ International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. T. 7. № 2. С. 266-269.

14. Старостина И.В., Кирюшина Н.Ю., Лушников А.С., Паленова М.А., Писклов М.А. Изучение процесса сорбции растворенных нефтепродуктов из водных сре углеродсодержащими материалами // Защита окружающей сред в нефтегазовом комплексе. 2022. № 3 (306). С. 60-66.

15. Василенко М.И., Старостина И.В. Экология: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 290600 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. 46 с.

## БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАКЦИИ ДРОЖЖЕЙ НА СТРЕССОВЫЕ УСЛОВИЯ

**Аннотация:** изучение биохимических аспектов реакции дрожжей на стрессовые условия. Рассматриваются механизмы, которые позволяют дрожжам адаптироваться к стрессу, такие как изменение метаболизма и приспособление мембран, описывается роль различных факторов, таких как температура, pH, наличие ингибиторов и других стрессовых условий на биохимические процессы в дрожжах.

**Ключевые слова:** биотехнология, биохимия, дрожжи, стрессовые условия, морфология клетки

Стрессовыми условиями при культивировании дрожжей могут быть различные факторы: высокие или низкие температуры, изменения pH среды, наличие вредных веществ, ограниченный доступ к питательным веществам, высокая концентрация ионов, присутствие окислительных веществ, высокое давление и другие физические факторы. Они могут вызывать различные изменения в биохимических процессах в дрожжах, что может приводить к нарушению их роста и развития. Однако, дрожжи могут адаптироваться к стрессу за счет различных механизмов, которые позволяют им выживать в неблагоприятных условиях.

Для дрожжей характерна кислая среда, их наибольшая активность проявляется в диапазоне pH от 4,5 до 5,5 так как при этом значении pH фермент транспорта мальтозы в клетку – мальтозопермеазы – имеет максимальную активность. При более низких pH ускоряется потребление аминного азота, но следует учитывать, что в процессе их жизнедеятельности идет поглощение соединений фосфатов и аммония с образованием органических кислот. Установлено, что размер сахаромицетов зависит от длительности клеточного цикла, главным образом от постсинтетической фазы [1]. Значения pH ниже оптимальных способны затормозить темпы метаболизма клеток, и, следовательно, продлить время нахождения в постсинтетической фазе.

Существуют способы оптимизации данного фактора. При добавлении янтарной кислоты наблюдается замедление темпа роста и деления клеток, когда как у контрольных проб наблюдалась большая смертность клеток в тот же период времени по сравнению с опытными пробами. В клетках дрожжей идет накопление кислых соединений, что оказывает влияние на проницаемость мембраны и на состав и концентрацию побочных продуктов брожения в зависимости от концентрации. В клетках заметно снижается метаболизм, но по

показателю накопления биомассы опытные образцы превосходят контроль. Данный факт связан с повышением общей буферности системы после внесения в сусло янтарной кислоты [2]. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние янтарной кислоты на дрожжи.

Образец	Концентрация янтарной кислоты, %	Выделение $\text{CO}_2$ , г/100см <sup>3</sup> сусла	ΔСВ %	Ко-во клеток дрожжей, млн/см <sup>3</sup>	Содержание клеток, %	
					почкую-щиеся	с глико-геном
Контроль	—	2,8	7,1	157	13,90	80,7
Опыт 1	0,01	2,7	7,0	140	15,04	82,5
Опыт 2	0,05	2,4	6,2	110	22,36	86,9
Опыт 3	0,1	2,3	6,1	100	23,81	90,0
Опыт 4	0,15	2,5	6,3	115	21,40	87,7
Опыт 5	0,2	2,5	6,4	120	18,75	85,0

Низкие температуры замедляют метаболизм клеток, при этом начинается процесс накопления питательных веществ, что помогает некоторым штаммам дрожжей, например, *S. cerevisiae* DAW-3a и *S. cerevisiae* Y-503, низкотемпературный стресс, оказывающий, в первую очередь, влияние на липидный состав мембран: изменяется содержание липидов, особенно полиненасыщенных жирных кислот; витаминов; активность оксидоредуктаз; основные белки вегетативной клеточной стенки заменяются на маннопротеины; изменяется концентрация субстратов энергетического обмена [3].

Повышенные температуры также оказывают влияние на структуру липидов мембран, влияют на дыхательные способности клеток. Температурная адаптация проходит с выявлением модуляций в составе жирных кислот и изменение длины цепей; изменением микровязкости полярных и нейтральных липидов, а также зависимостью их степени ненасыщенности; повышением концентрации трелогазы в цитозоле. Устойчивость мембраны к высокотемпературному стрессу регулируется содержанием трелогазы, которая предохраняет мембрану от температурного шока. Концентрация трелогазы в клетке зависит от длительности воздействия высокой температуры и отдельного штамма [1]. При температурах 37°C на экспоненциальном этапе происходит адаптация клеток к тепловому стрессу (рис. 1), внутриклеточное дыхание дрожжей остаётся близким к оптимальным значениям. При температуре выше 40 градусов наблюдается ингибирование дыхательного процесса [5].

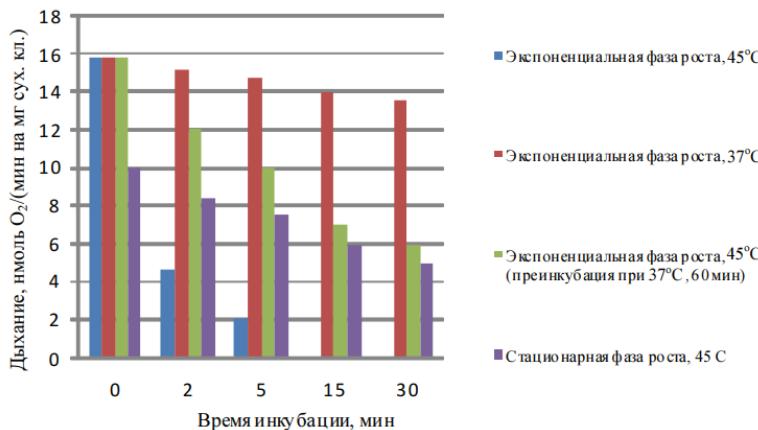


Рисунок 1. Влияние температуры на дыхательную активность дрожжей

Оsmотическое давление возникает из-за стремления воды проникнуть через полупроницаемую мембрану в сторону более концентрированной среды. Такое давление прямо зависит от концентрации молекул, которые пытаются пройти через мембрану. Цитоплазматическая мембрана дрожжевых клеток характеризуется полупроницаемостью относительно воды и гидрофильных соединений с высокой молекулярной массой. Из этого следует, что при низких концентрациях сухих веществ в среде будет наблюдаться гипоосмотический стресс, который характеризуется повышением содержания воды в клетке. В концентрированных средах наблюдается гиперосмотический стресс, при котором клетки, напротив, теряют воду, приобретают округлую форму, а их поверхность становится шероховатой [6].

При осмотическом стрессе происходят однотипные биохимические процессы и изменения структуры клеток. В современном производстве используют высококонцентрированные растворы углеводов, что приводит к гиперосмотическому стрессу. Так как разминающиеся клетки чувствительны к осмотическому стрессу, то для адаптации требуется время, при этом в цитоплазме наблюдается повышение концентрации глицерина, из-за того, что повышенное осмотическое давление препятствует проникновению глицерина через мембрану. После окончания адаптационной стадии, в процессе брожения концентрация глицерина уменьшается [1].

Влияние осмотического стресса по-разному оказывается на дрожжах, прошедших адаптационную стадию, и теми, которые испытали воздействие стресса моментально. При таком воздействии метаболизм в сахаромицетах практически останавливается. При адаптационной стадии клетки успевают накопить запасающее вещество. Благодаря этому они показывают способность медленно размножаться даже при концентрации NaCl 20 %. В таких случаях штаммы сахаромицетов стараются одновременно быстро размножаться, а с другой стороны, направить часть сил на быструю адаптацию к стрессу. Все эти особенности зависят от вида штамма, при этом хорошо наследуются [7].

Этиловый спирт является одним из основных продуктов дрожжей. При этом повышение концентрации этанола в субстрате ингибирует жизнедеятельность клеток, что увеличивает время генерации продуктов дрожжей. При содержании этанола в среде выше 1,2 % происходит снижение удельной скорости роста дрожжей, а при достижении концентрация спирта выше 2 % уменьшается выход биомассы, в условиях 8–9,5 % этанола рост дрожжей полностью подавляется. Этанол влияет на продолжительность времени генерации дрожжевой клетки: повышение концентрации этанола от 0 до 1 % повышает время генерации примерно с 2,3 до 3,5 часов, а при концентрации этанола 3,8 % она составляет уже 6,9 часа [6].

Для увеличения адаптивности дрожжей к спирту проводится предобработка раствором пероксида водорода. Отмечено, что пероксид водорода вызывает апоптоз клетки – процесс, необходимый для удаления слабых клеток. Способ наиболее действенен при многократном культивировании дрожжевой культуры, так как в ней идет накопление малоэффективных клеток (табл. 2, 3).

Данный метод эффективен и для избавления от таких негативных факторов, как осмотический стресс и стресс pH-фактора [8]. В условиях стресса от влияния этанола, без предварительной обработки, в клетке происходят процессы накопления трилогазы и активация белков теплового шока, которые характерны для теплового стресса.

Таблица 2. Влияние концентрации этанола на дрожжи

Концентрация этанола, об. %	Вариант	Клетки дрожжей		
		0 сут, млн/см <sup>3</sup>	4 сут, млн/см <sup>3</sup>	Прирост, %
0	Контроль	97	400	312
	Опыт	133	450	238
1	Контроль	97	350	261
	Опыт	133	400	201
5	Контроль	97	190	96
	Опыт	133	250	88
10	Контроль	97	105	8
	Опыт	133	220	65

Таблица 3 Влияние концентрации этанола на жизнеспособные клетки дрожжей

Концентрация этанола, об. %	Вариант	Жизнеспособные клетки дрожжей		
		0 сут, млн/см <sup>3</sup>	4 сут, млн/см <sup>3</sup>	Прирост, %
0	Контроль	57	281	393
	Опыт	57	345	505
1	Контроль	57	213	274
	Опыт	57	294	416
5	Контроль	57	101	77
	Опыт	57	152	167
10	Контроль	57	35	-39
	Опыт	57	90	58

Мембрана при воздействии этанола повышает способность к текучести, что ведет к увеличению толерантности к спирту. Физиологические изменения выражаются в увеличении потребления аммонийного азота, метаболические – в высокой активности малатдегидрогеназы, в азотном обмене – в возрастании активности реакций переаминирования, при этом в клетке начинает проявляться понижение концентраций  $H_2O$  [1].

Таким образом, показано, что в процессе культивирования дрожжевой культуры возникает множество стрессовых факторов, которые негативно влияют на сам процесс культивирования.

На основе выявленных механизмов, которые происходят в клетках дрожжей в зависимости от воздействующего стресса, могут разрабатываться способы по увеличению устойчивости культур дрожжей к влияющим на них факторам. Устойчивость к этаноловому, осмотическому, и стрессу pH-фактора можно решить с помощью использования пероксидов, которые способствуют удалению слабоадаптированных клеток. Для регуляции адаптации к значениям pH используют янтарную кислоту, которая стабилизирует метаболизм сахаромицетов, тем самым повышая их адаптивность в среде. Небольшие изменения температуры, одного из важных параметров для дрожжевых культур, не сильно влияют на жизненные процессы, так как клетки быстро адаптируются. Значительное повышение или понижение температуры заставляют дрожжи замедлять процессы метаболизма, поэтому важно контролировать этот показатель на технологическом уровне.

#### Библиографический список

1. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Морфология, химический состав, метаболизм: Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО / под ред. Мелединой Т.В., Давыденко С.Г. 2015. 88 С.

2. Крикунова Л. Н., Рябова С.М., Песчанская В.А., Урусова Л.М. Влияние янтарной кислоты на метаболизм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Пиво и напитки. 2015. № 1. С. 36-38.
3. Влияние различных значений температуры на морфологические свойства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Исламмагомедова Э.А., [и др.] // ХИПС. 2020. № 2 С. 59-72.
4. Исламмагомедова Э.А., Халилова Э.А., Абакарова А.А. Некоторые биохимические и морфологические свойства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в условиях стресса (обзор) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2022. № 3. С. 129–138.
5. влияние окислительного, теплового и этанольного стрессов на выживаемость дрожжей *Uargrowia lipolytica* / Ежова Г.П., [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского -2010. №6 С. 113-118
6. Физиологическое состояние дрожжей: Учеб. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО / под ред. Меледина Т.В., Давыденко С.Г., Васильева Л.М., 2013. 48 С.
7. Халилова Э.А., Гасанов Р.З., Абакарова А.А., Аливердиева Д.А. морфолого-культуральные особенности клеток дрожжей *S. cerevisiae* различной пloidности в условиях осмотического стресса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2018. т. 20. № 2. С. 160-166.
8. Чуланов М.О. Влияние пероксида водорода на устойчивость дрожжей к этанолу при сбраживании плотного и высокоплотного сусла. // Пиво и напитки. 2008. №5. С. 16-17.

**УДК 658.56**

**Новиков И.А., студент,  
Луценко О.В., канд. техн. наук, доц.  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

## **К ВОПРОСУ О «ЗЕЛЕНЫХ» БИОТЕХНОЛОГИЯХ**

**Аннотация:** В данной статье рассматривается решение экологических проблем путем внедрения «зеленых» технологий в биотехнологии, значение «зеленых» стандартов в сфере ресурсо- и энергосбережения, чистоты биотехнологического производства.

**Ключевые слова:** стандартизация, «зеленые» технологии, «зеленые» стандарты, биотехнология.

Стандартизация – деятельность по развитию, разработке и применению стандартов по установлению норм и правил с целью обезопасить и нормализовать продукцию, работу, услуги в соответствии с уровнем развития науки и технологий. Стандартизация направлена на достижение оптимального уровня упорядочения в конкретной области деятельности при помощи установления правил для всеобщего применения. Как и у любой другой деятельности, у

стандартизации имеются свои органы по обеспечению норм, наделенные правом утверждать нормативно-правовые документы на законодательном уровне, а также другие документы, наделяя их статусом стандарта.

Зарождение стандартизации в России произошло в 18 веке при Петре I и Елизавете Петровне, во времена строения военно-морского флота Российской Империи. Первые указы, более-менее похожие на современные ГОСТы, были созданы совместно с М.В. Ломоносовым и распространялись на создание, как было ранее сказано, мореходных судов, а также производство ружей. Далее мощный рывок в создании стандартов произошел в конце 19-го и на протяжении всего 20-го века. Это было создание первой в России палаты мер и весов, разработанной Д.И. Менделеевым, а также первая попытка создания стандарта на единую систему допуска и посадок, разработанную профессором Московского технического училища И.И. Куклевским. Созданная им система использовалась не только для выполнения военных госзаказов, но и нашла свое применение в гражданской промышленности.

В современном мире стандартизация и метрология вышли на наивысший уровень: никакое производство, никакую услугу или продукцию нельзя представить без имеющихся на них нормативно-правовых документов или же ГОСТа. Не стала исключением и биотехнология в сфере экологии. Она точно также, как и любая другая наука имеет под собой огромную нормативную базу.

На сегодняшний день, во всем мире замечается дефицит новых технологий в сфере экологичных биотехнологий, иначе называемых «зеленые» [1]. Актуальность данной проблемы заключается в том, что экологическая обстановка по всему миру требует принятия каких-либо мер по ее решению. В основном такая необходимость вызвана масштабным ростом выбросов в атмосферу парниковых газов и других вредных выбросов, загрязняющих не только атмосферу, но и почву с водой. В связи с этим предприятия по всему миру были вынуждены внедрять в свои производства «зеленые» технологии. Так как необходимость во внедрении чистых технологий охватила весь мир, появилось такое понятие как «зеленый» стандарт.

«Зеленый» стандарт – это нормативно-правовой документ, устанавливающий требования к «зеленым» технологиям, безопасной и чистой продукции, утвержденной соответствующими органами.

Основными требованиями для подобных технологий стали 4 параметра: энергоэффективность, безопасность, безотходность и комфорт. Согласно ПНСТ 352-2019 «Зеленые технологии среды

жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям «зеленых» стандартов. Общие положения, имеются 11 категорий, позволяющих оценить соответствие технологии «зеленым» стандартам [2].

К показателям, которые позволяют оценить соответствие технологии среды жизнедеятельности «зеленым» стандартам, относятся:

- категория «Управление средой жизнедеятельности»;
- категория «Комфорт среды жизнедеятельности»;
- категория «Энергоэффективность среды жизнедеятельности»;
- категория «Транспорт среды жизнедеятельности»;
- категория «Вода среды жизнедеятельности»;
- категория «Воздух среды жизнедеятельности»;
- категория «Материалы среды жизнедеятельности»;
- категория «Отходы среды жизнедеятельности»;
- категория «Землепользование среды жизнедеятельности»;
- категория «Безопасность среды жизнедеятельности»;
- категория «Инновации среды жизнедеятельности».

Безусловно, эти показатели актуальны в вопросах чистоты биотехнологических производств. Основными вопросами «зеленой» стандартизации являются ресурсо- и энергоэффективность, также современные материалы и технологии по сбережению энергии, создание энергоэкономичных систем: «энергоэффективный дом» и «энергоэффективный город».

Крупным разделом «зеленой» стандартизации является внедрение стандартов на стимулирование создания технологий, сберегающих ресурсы, которые имеют минимальное количество отходов или же вообще являются безотходными. Помимо безотходных технологий также уделяется внимание и утилизации отходов и получению из них экологически безопасных продуктов вторсырья.

Благодаря усиленному контролю над сферой «зеленых» технологий, имеется возможность изменить привычные во всем мире правила природопользования различных компаний, сохранить ресурсы или даже увеличить их запас, минимизировать расходы на дорогое сырье, а также направить средства на восстановление планеты, сократить углеродный след, повысить эффективность деятельности производств. Помимо плюсов с экологической точки зрения, решение этих вопросов поможет наладить внешнюю и внутреннюю экономики стран, кроме сокращения затрат средств на дорогостоящее сырье, появится возможность сократить убытки от нанесения ущерба от деятельности производств. По статистике, каждый год ВВП страны получает ущерб в 4-6 % от вредной деятельности их производств [3].

Большое внимание уделяется «зеленым» технологиям в использовании сырья и материалов, и, следовательно, качества получаемого продукта.

Возможно могло показаться, что внедрение «зеленых» технологий имеет в себе лишь долгосрочные перспективы и результат от этих действий наступит только через десятки лет, но это совершенно не так – ученые наблюдают пользу сразу же после внедрения «зеленых» стандартов и производств.

Подводя итоги можно сказать, что несмотря на относительно недавнее начало действия «зеленых» стандартов, уже наблюдается изменение в политиках многих производств и компаний в лучшую сторону. Продолжают разрабатываться новые нормативные документы и программы. А производства, делая упор на эти стандарты, не только улучшают свою экономическую сферу, но и заботятся о своих жизнях и жизнях многих организмов, обитающих на нашей планете.

#### **Библиографический список**

1. Теличенко, В. И. От принципов устойчивого развития к «зеленым» технологиям / В. И. Теличенко // Вестник МГСУ. 2016. – № 11. – С. 5–6.
2. ПНСТ 352–2019 «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям «зеленых» стандартов. Общие положения: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2019-02-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. Официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
3. Теличенко, В. И. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты / В. И. Теличенко // Вестник МГСУ. – 2017. – № 4. – С. 364–372.

**УДК 658.26**

**Палиенко Н. И., студент**

**Чесняк А. В., студент**

*(Белгородский государственный технологический университет им.  
В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

#### **ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И УГРОЗЫ, ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

*Аннотация: в статье описываются возможности применения лазерной биотехнологии в технологиях защиты окружающей среды. Лазерная стимуляция может быть использована для более эффективной очистки сточных вод, рекультивации почв, повышения возможностей биоремедиации и увеличения роста энергетических и продовольственных культур.*

*Результаты экспериментов показали, что лазерная стимуляция приводила к увеличению биомассы растений и большему поглощению микроэлементов и биогенных элементов из загрязненной воды и почв. Применение лазерной биотехнологии должно быть использовано в технологиях экологической инженерии, в соответствии с идеями устойчивого развития.*

*Ключевые слова: лазерная биотехнология, устойчивое развитие, инженерия окружающей среды.*

Все жизненные процессы в значительной степени зависят от энергетического обмена между клеткой и окружающей средой. Лазерная стимуляция семян вызывает поглощение световой энергии. Поглощенная энергия преобразуется в химическую энергию, которая используется для роста и развития растений. Обеспечение энергией увеличивает энергетический потенциал семян, что влияет на физиологические процессы в прорастающих семенах. Возможные эффекты включают лучшее и более быстрое прорастание, ускоренное созревание и повышенную устойчивость к болезням и морозам [1]. Кроме того, правильно подобранные параметры фотостимуляции семян также могут увеличить процент прорастания семян. Лазерная стимуляция семян кress-салата садового (*Lepidium sativum*) может значительно способствовать иммунизации прорастающих растений к неблагоприятным условиям, вызванным высокой соленостью [2]. Исследования, проведенные по использованию лазерного излучения в сельском хозяйстве, показывают, что предпосевная лазерная стимуляция может быть фактором, повышающим качество семян и ускоряющим раннюю фазу роста. Однако предпосевная биостимуляция семян культурных растений оказывает большее влияние на посевы таких овощей, как огурцы, помидоры, салат-латук, баклажаны, чем на зерновые культуры. Более синхронное прорастание, ускоренное созревание и более высокая урожайность являются положительными эффектами облучения семян овощей. Кроме того, более высокая биологическая ценность фрукты и повышенное содержание питательных веществ – важный результат фотостимуляции сельскохозяйственного производства. Воздействие лазерного облучения было изучено на ряд овощей и злаков, например, на перец, сою, морковь, сахарную свеклу, помидоры, огурцы, лук, горох, картофель, а также на анис, тмин, белый люпин, люцерну, белый и красный клевер, кукуруза, яровая пшеница, ячмень, рапс масличный. Возможность повышения всхожести сои (на 8-10%), перца (на 3-14%), моркови (5%) и сахарной свеклы (12%) с помощью He-Ne лазерной стимуляции семян было показано в исследованиях, проведенных в болгарских исследовательских центрах [3]. В

результате лазерного облучения наблюдалась стимуляция прорастания и длины зародышевого отростка перца. Кроме того, было отмечено, что в корнеплодах сахарной свеклы, выращенных из семян, стимулированных лазером, содержание сахара было увеличено примерно на 15-17% [4].

Увеличение урожайности зависит от параметров стимуляции, используемых для облучение отобранных овощей. Увеличение урожайности зависит от вида овощей: помидоры – на 20-24%, перец – на 13%, огурцы – на 15%, лук – на 15,5% и фасоль – на 27%. Важным параметром, используемым при производстве овощей, является процентная доля растений, созревающих быстрее. Его можно было бы увеличить для перца (19-24%) и огурцов (17%), в то время как в случае томатов вегетационный период был сокращен на 8 дней в результате обработки фотостимуляцией. Что касается сухого веса, то он увеличился на 3,8% в случае фасоли, на 5,3% для перца и 6,5% для лука. Представленные эффекты были результатом улучшения состояния растений, в целом более высокой степени толерантности к физиологическому стрессу, лучшего роста и развития растений, обработанных лазерным излучением [5]. Еще одно положительное влияние лазерной стимуляции на овощные культуры было отмечено на урожайность картофеля. Клубни картофеля облучали перед посадкой. Средняя урожайность картофеля увеличилась на 43,1%. Увеличение урожайности было вызвано увеличением количества клубней с одиночных растений на 17,8% и увеличением средней массы одиночных клубней на 21,4% [6]. Исследования, проведенные в Египте, подтвердили эффективность Не-Не лазерной стимуляции семян сельскохозяйственных растений, таких как анис (*Pimpinella anisum*) и тмин (*Cuminum cyminum*). Растения аниса были на 72% выше, среднее количество ветвей на одно растение увеличилось на 267%, а количество зонтиков на растениях увеличилось на 88%. В случае растений тмина средний рост растений в облученной группе был на 77% выше по сравнению с необлученными растениями. Количество ветвей на растении увеличилось на 286%, а среднее количество зонтиков с растения – на 47%. Увеличение урожайности и содержания сока в клетках растений привело к увеличению количества эфирных масел из растений достигает 165% аниса и 140% тмина.

Усиление роста зависело от времени воздействия на семена лазерного излучения. Проведенные исследования также подтверждают положительное влияние лазерной стимуляции на зеленые растения и злаки. Растения белого люпина (*Lupinus albus*), выращенные из семян, стимулированных лазерным излучением, имели большую площадь

листьев, чем растения, выращенные из контрольных необлученных семян. Листовая поверхность рост растений, выращенных из облученных семян, измеренный во время цветения основного стебля, увеличился в среднем на 12,5–16,6% по сравнению с контрольными растениями. Увеличение листовой поверхности зависит от сорта люпина. Сообщалось также о повышении урожайности в результате предпосевного облучения семян. В зависимости от сорта увеличение составило 10,8–12,6%. Урожайность в основном увеличилась Гидроботанические очистные сооружения являются очень важной частью водоснабжения и водоотведения, поэтому данный тип очистных сооружений используется для очистки бытовых и коммунальных сточных вод. Некоторые виды гидрофитов, например ряска малая (*Lemna minor*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) и ирис желтый (*Iris pseudoacorus*), обладают способностью удалять биогенные и микроэлементы из загрязненной воды. Удаление питательных веществ из сточных вод является очень важной частью процесса очистки сточных вод, поскольку замедляет процесс эвтрофикации. Целью исследований был поиск оптимальных параметров лазерной стимуляции для выбранных видов гидрофитов, которые могли бы быть использованы на гидроботанических очистных сооружениях.

Экспериментальные образцы растений подвергались воздействию различных параметров лазерной стимуляции: типа диода, длины волны, времени и мощности излучения. В качестве источников когерентного света используется аргоновый лазер ( $\lambda=514$  нм), использовался синий лазерный диод ( $\lambda=514$  нм) и красный лазерный диод ( $\lambda=660$  нм). Одна часть экспериментальных групп была оставлена без воздействия лазерного излучения в качестве контрольной группы. Оптимальные параметры биостимуляции были подобраны в ходе лабораторных экспериментов, после чего наблюдения были продолжены в естественных условиях.

Оптимальные параметры лазерной стимуляции были получены для экспериментальной группы ряски, облученной красным лазерным диодом со следующими параметрами: длина волны 660 нм, мощность излучения: 20 МВт и время облучения: 3 раза по 3 секунды. Группа экспериментальных установок облучение красным лазерным диодом характеризовалось наибольшим увеличением биомассы, лучшей жизнеспособностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды, таким как снижение температуры. Этот эффект сохранялся в течение последующих вегетационных сезонов без повторения лазерной стимуляции. Генеративное размножение ряски

вызывает биостимулирующие эффекты у дочерних растений. Наименьшие симптомы хлороза наблюдались у растений, стимулированных аргоновым лазером 3 раза в течение 1 секунды. Облучение синим лазерным диодом ( $\lambda=743$  нм) вызывало эффекты, аналогичные облучению растений с аргоновым лазером ( $\lambda=514$  нм), поскольку они имеют схожие физические характеристики. Применение синего лазерного диода в качестве источника когерентного света носит инновационный характер. Кроме того, использование синего лазерного диода вместо аргонового лазера снижает затраты на внедрение. Лазерная стимуляция подвоея желтого ириса привела к значительному увеличению биомассы листьев, количества цветков и возобновления роста растений после осенней обрезки. Самый большой прирост увеличение биомассы желтого ириса наблюдалось в экспериментальной группе, облученной аргоновым лазером ( $\lambda=514$  нм) с перерывами (3 раза по 3 секунды).

Результаты экспериментов показали, что лазерная стимуляция растений значительно увеличивала биомассу растений и их экологическую ценность при неблагоприятных условиях окружающей среды, поэтому благоприятным эффектом стимуляции было продление вегетационного периода растений. Кроме того, лазерная стимуляция приводила к снижению концентрации микроэлементов в тканях растений и ускоряла поглощение биогенных элементов из сточных вод. Результаты описанных исследований позволили создать предпосылки для использования лазерной стимуляции в технологиях защиты окружающей среды.

#### **Библиографический список**

1. Иношин В. Т., Ильясов В. Т., Федорова Н. Н., наука об экологии, Алматы, 1981
2. Якубяк М., Сливка М., Применение лазерной биостимуляции для более эффективной фиторемедиации почвы и сточных вод, Польский журнал экологических исследований 15[5c] (2006) 176–178.
3. Аладжаджиян А., Использование физических методов для стимулирования роста растений в Болгарии, Центральноевропейский журнал сельского хозяйства 8[3] (2007).
4. Дзивульская А., Копер Р., Вильчек м., Оценка влияния лазерного света Не-Не на способность прорастание семян белого клевера сорта Anda, Acta Agrophysica 3[3] (2004).
5. Василевский Г., Босев Д., Результаты воздействия лазерного излучения на некоторые овощи, ISHS Acta Horticulturae 462, I Балканский симпозиум по овощам и картофелю, Белград, 1997.

6. Василевский Г., Бос Е.В., Лазерный луч как биостимулятор в производстве картофеля, ISHS Acta Садоводство 462, I Балканский симпозиум по овощам и картофелю, Белград, 1997.

## УДК 658.56

Пенкина В.А., студент

Артиюх С.В., студент

Луценко О.В., канд. техн. наук, доц.

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

*Аннотация: В начале 20 века были первые попытки осуществить контроль фармацевтических продуктов животного и растительного происхождения. Одним из критерии приемлемости лекарственных препаратов являются микробиологическая чистота. Данный критерий контролируется Правилами надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза и ГОСТ Р 52249-2009.*

*Ключевые слова: контроль качества, биотехнологический продукт, лекарства, ГОСТ Р 52249-2009, GMP*

Введение. Контроль качества – это важный процесс любого производства товара или услуги. Благодаря контролю качества можно узнать, соответствует ли продукция или услуга нормативному документу. Естественно, без этого процесса и не обходятся биотехнические продукты. Биотехнология – это наука изучающая возможность использовать живые организмы или продукты их жизнедеятельности для решения определенных технологических задач. С помощью биотехнологий разрабатываются новые медицинские препараты, проводят видоизменения растений и животных, последние значительно увеличивает качество пищевой продукции [1].

Основная часть. Одним из важнейших биотехнологических продуктов являются лекарственные средства. Качество лекарственных препаратов – залог обеспечения жизни и здоровья человека.

К качеству лекарственных препаратов относятся следующие характеристики: подлинность, чистота, иммуногенность, биологическая активность, стабильность.

Уровень микробной чистоты – один из основных показателей качества фармацевтической продукции [2]. Важность

микробиологического контроля фармацевтических производств обусловлена последствиями присутствия микроорганизмов в лекарственных средствах. При этом, качество препарата формируется и контролируется в ходе всех этапов производства фармацевтических препаратов.

Выделяют стерильные и нестерильные лекарственные средства. В стерильных лекарственных средствах не должно содержаться микроорганизмов, а в нестерильных лекарственных средствах допустимо ограниченное количество микроорганизмов, либо их полное отсутствие ввиду патогенности в зависимости от лекарственной формы и пути введения препарата.

Допустимое содержание жизнеспособных клеток микроорганизмов, в т.ч. бактерий и грибов, а также специфических микроорганизмов в нестерильных лекарственных средствах представлено в табл. 1.

Таблица 1 Критерии приемлемости для микробиологической чистоты нестерильных лекарственных средств

Способ применения нестерильного лекарственного средства	Общее количество аэробов (ОКА), КОЕ / г · (см <sup>3</sup> )	Общее количество грибов (ОКГ), КОЕ / г · (см <sup>3</sup> )	Специфические микроорганизмы (в 1 г или 1 см <sup>3</sup> )
Неводные лекарственные средства для внутреннего применения	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	Отсутствие бактерий <i>Escherichia coli</i>
Ректальный	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	-
Для использования на слизистой оболочке ротовой полости, десенного, кожного, назального, ушного использования	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	Отсутствие <i>Pseudomonas aeruginosa</i> и <i>Staphylococcus aureus</i>
Для ингаляционного применения	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	Отсутствие <i>Pseudomonas aeruginosa</i> и <i>Staphylococcus aureus</i> , бактерий семейства <i>Enterobacteriaceae</i>

Обычно, за контроль качества отвечает ГОСТ ИСО 9001. Но для биотехнологических продуктов, а в частности фармацевтической, основной нормативно-правовой документ, на котором базируется обеспечение качества биотехнических производств – GMP (Good Manufacturing Practice, Надлежащая производственная практика). Это международный стандарт, который специально разработан для контроля качества производства лекарственных средств для животных и человека, а также отдельных требований к активным фармацевтическим субстанциям и отдельных видов лекарственных средств.[3] Правила международного стандарта включает в себя: обеспечения качества безопасности лекарственных средств, повышение качества и доказательности доклинических и клинических исследований при разработке новых активных фармацевтических субстанции и лекарственный средств, возможность эксперта много видов лекарственных средств в страны ЕАЭС и Евросоюза.

В России же есть аналог GMP, это ГОСТ Р 52249-2009. У этого нормативного документа история началась еще в СССР [2]. Когда 1963 году разработали нормативный документ Good Manufacturing Practice, власти СССР отказались признавать его и начали подготовку своего ГОСТа. На разработку ушло целых пять лет, но через два года этот стандарт стал неактуальным. Осуществить свои планы получилось только после распада СССР. И 20 мая 2009 году в силу вступает Российская версия GMP – ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» [4]. Этот правовой документ распространяется на всю фармацевтическую базу, а также в нем прописываются требования и оценка производственного качества.

Важно также отметить, что контроль качества лекарственной продукции происходит не на добровольной основе. Это обязательный порядок, который прописан в Федеральном законе от 12.04.2010 г № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» [5]. Благодаря действию этого закона, потребитель находится в полном безопасности, ведь качество лекарственной продукции находится на высоком уровне и соответствует качеству.

**Заключение.** Без контроля качества не обходится ни один продукт, ни одна услуга. Даже такой сложный процесс как изготовление и разработка биотехнологических продуктов можно контролировать. Ведь именно качество очень сильно влияет на эффективность и безопасность препарата.

### **Библиографический список**

1. Непобина Е.Г., Бобкова Е.Ю., Григорянц И.А., Иванов Д.В., Власова В.Н. Контроль качества биотехнологических продуктов // Парадигма. – 2019. – № 3. – С. 93-95.
2. Рымовская, М. В. Основы промышленной асептики: электронный курс лекций для студентов специальности 1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов» специализации 1-48 02 02 01 «Промышленная технология лекарственных препаратов» / М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2018. – 127 с.
3. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016 № 77 «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456026099>. Дата доступа 23.12.2022.
4. ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств»: Национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 мая 2009 года № 152-ст: введен впервые : дата введения 2010-01-01 / подготовлен Ассоциацией инженеров по контролю микрозагрязнений (АСИНКОМ) на основе собственного аутентичного перевода Правил. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 121 с. : табл.

**УДК 663.18 : 628.543**

**Половнева Д.О., аспирант**

**Василенко Т.А., канд. техн. наук, доц.,**

**Юнович Д.Д., студент**

*(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

### **ХАРАКТЕРИСТИКА АКТИВНОГО ИЛА ИЗ АЭРОТЕНКОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА**

*Аннотация: в работе был изучен биоценоз активного ила, отобранного в аэротенке на стадии биологической очистки сточных вод предприятия, специализирующегося на производстве солода и были выявлены основные показатели, определяющие качество активного ила. Значение илового индекса для данных очистных сооружений находится в пределах 80-110 мл/г. При изучении биоценоза под микроскопом рассматриваемого активного ила в ходе исследования были приготовлены несколько препаратов «Раздавленная капля». Полученные результаты показали, что в активном иле присутствуют такие микроорганизмы, как раковинные амебы, инфузории (суворки),*

плесневые грибы, водоросли, а также коловратки. Биоценоз исследуемого активного ила характеризуется большим разнообразием микроорганизмов различных классов. При выявлении основных показателей, определяющих качество активного ила, исследуемый активный ил соответствует всем показателям.

**Ключевые слова:** активный ил, биоценоз, биопленка, микроорганизмы, иловый индекс, сточные воды производства солода.

В последнее время наиболее актуальным методом очистки сточных вод от трудно окисляемых и токсичных органических компонентов является биологический, основанная на использовании различных микроорганизмов [1, 2]. Особенно распространён биосорбционный метод, заключающийся в добавлении таких адсорбентов, как активированный уголь или керамзит в виде порошка или гранул в зону аэрации. Высокая эффективность этого способа очистки обуславливается тем, что при использовании сорбционных материалов обеспечивается закрепление иммобилизованных микроорганизмов на их поверхности, а также быстрая адсорбция токсичных веществ, так как эти сорбенты самостоятельно могут поглощать большое количество поллютантов. Преимущество применения этого метода заключается в устойчивости клеток к перепадам гидравлической нагрузки и залповым поступлениям стоков, а также в повышении их жизнеспособности и активности [2].

Ранее в микробиологии все описанные свойства микроорганизмов изучались в планктонных формах чистых культур, на сегодняшний день известно, что большинство клеток в естественных условиях окружающей среды обитают в виде биопленок, представляющих собой организованные скопления бактерий, состоящих из активно функционирующих клеток и покоящихся форм, заключенных в специальный каркас – экстрацеллюлярный матрикс. Образование биопленки происходит с помощью адгезии микроорганизмов к колонизируемой поверхности, что определяется такими параметрами, как: видовая принадлежность, температура, парциальное давление кислорода, рН, опосредующими переход от планктонной формы существования к биопленочной [3].

Биоценоз активного ила представлен 7 отделами микрофлоры – бактериями, плесневыми грибами, одноклеточными водорослями: зелеными, диатомовыми, сине-зеленые, эвгленовые и др., а также 9 отделами микрофауны. При рассмотрении микроорганизмов активного ила под микроскопом применяют метод «живой капли» под покровным стеклом. При таком изучении определяют их функциональное состояние, подсчитывают организмы различными

методами количественного учета, классифицируют их по индикаторным группам, а также определяют тип биоценоза, его характерные особенности. Важную роль в биоценозе играют индикаторные организмы, по состоянию которых оценивают нормальное протекание процессов очистки. Показателем хорошего состояния биопленки является наличие инфузорий: кругловых, брюхоресничных, жгутиковых, а также червей *Nematoda* и коловраток [4, 5].

При работе с активным илом учитывают следующие основные показатели:

- скорость оседания хлопка: быстро, медленно, равномерно, плавно или нет;
- процесс хлопьеобразования при уплотнении: ил оседает с четкой границей очищенной жидкости или наблюдается разрыв массы, при этом хлопья активного ила должны удалять различные поллютанты из сточных вод и сами хорошо отделяться [4,6];
- цвет: ил в аэротенках должен иметь буро-коричневый цвет;
- запах: ил должен иметь слегка болотистый запах без преобладания запаха химических веществ;
- характер воды над осевшим илом: вода должна быть прозрачной [6].

В качестве субстрата, на котором закрепляются клетки микроорганизмов активного ила, чаще всего используют керамзит, что обусловлено его ячеистым строением и наличием внешней спекшейся оболочки [7].

Одной из важных характеристик активного ила, которая влияет на его свойства, является его возраст – среднее время пребывания хлопьев ила в системе «аэротенк – вторичный отстойник». Более молодые активно растущие хлопья способны быстро извлекать загрязняющие вещества. При этом они могут недостаточно хорошо осаждаться. В процессе диспергирования во время пуско-наладки аэротенков бактерии находятся в диспергированном состоянии, затем они слипаются в хлопья, которые увеличиваются с возрастом. От степени старения хлопьев ила снижается скорость окисления загрязняющих веществ [4].

При исследовании активного ила определяют такой показатель, как иловый индекс (ИИ, мл/г), который показывает его осаждающуюся способность. Иловый индекс – объем (в мл), который занимает 1 г ила через 30 мин отстаивания в цилиндре на 1 дм<sup>3</sup> с учетом доз ила по

объему (мл/дм<sup>3</sup>) и по сухому веществу (г/дм<sup>3</sup>). Ил хорошего качества – плотный, полностью осаждается за 15-20 мин при значении ИИ, равного 60-79 мл/г, менее плотный – 80-99 мл/г [8].

Для аэротенков оптимальными являются значения илового индекса в пределах 80-120 мл/г [9]. Значение ИИ > 120-150 мл/г показывает плохое оседание ила. Как при высоком иловом индексе, так и при очень низком – ИИ < 60 мл/г активный ил является некачественным из-за неразвитой поверхностью хлопьев и флокул, что также снижает его окислительную способность [8].

Цель работы заключалась в исследовании биоценоза активного ила, который был отобран в аэротенке на стадии биологической очистки сточных вод предприятия по производству солода и в выявлении основных показателей, определяющих качество активного ила: цвета, запаха, скорости оседания хлопка, процесса хлопьеобразования при уплотнении, характера воды над осевшим илом [10].

Сточные воды образуются в результате мойки и замочки ячменя, снятия сплава (пустое и мелкое зерно) в чанах, орошения зерна в чанах, очистки замочных чанов и оборудования солодорощения.

Значение илового индекса для данных очистных сооружений находится в пределах 80-110 мл/г.

При изучении биоценоза под микроскопом рассматриваемого активного ила были приготовлены несколько препаратов «Раздавленная капля». Результаты, представленные на рис. 1 в виде микрофотографий, показали, что в активном иле присутствуют такие микроорганизмы, как: раковинные амебы, инфузории (свойки), плесневые грибы, водоросли, а также коловратки.



Ооспора  
зеленых водорослей  
*Chlorophyta*



Раковинные амебы  
*Testacealobosia*



Скопление  
зеленых  
водорослей  
*Chlorophyta*



Инфузории из  
семейства  
*Vorticillidae*



Споры плесневого гриба  
класса *Ascomycetes*



Коловратка  
*Rotifera*

Рисунок 1. Микробиологическое разнообразие исследуемого  
активного ила (суммарное увеличение 600х)

При выявлении основных показателей, определяющих качество активного ила (табл. 1), можно сказать, что исследуемый активный ил соответствует всем показателям (рис. 2).

Таблица 1. Показатели, определяющие качество активного ила

Показатель	Исследуемая проба	Норматив
Цвет	Буро-коричневый	Буро-коричневый
Запах	Слегка болотистый	Слегка болотистый
Скорость оседания хлопка	Равномерно	–
Процесс хлопьеобразования при уплотнении	Оседание ила с четкой границей очищенной жидкости	Оседание ила с четкой границей очищенной жидкости
Характер воды над осевшим илом	Прозрачная с оранжевым оттенком (окраска за счет растительного сырья)	Прозрачная



Рисунок 2. Осевший активный ил после отстаивания в течение 30 мин.

Таким образом, активный ил, отобранный в аэротенке на стадии биологической очистки сточных вод предприятия, специализирующегося на производстве солода, соответствует высокому качеству и характеризуется большим разнообразием микроорганизмов различных классов.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Перушкина Е.В., Хабибуллина А.Р., Сироткин А.С. Биологическое обезвреживание промышленных отходов с использованием иммобилизованных бактерий // Вестник технологического университета. 2015. Т.18. №6. С. 234-237.
2. Кобызева Н.В., Гатауллин А.Г., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Разработка технологии очистки сточной воды с использованием иммобилизованной микрофлоры // Вестник ОГУ. 2009. №1. С. 104-107.
3. Симонова И.Р., Головин С.Н., Веркина Л.М., Березняк Е.А., Титова С.В. Методы культивирования и изучения бактериальных биопленок // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2017. № 1. С. 73-79.
4. Демина М.В. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с аэротенками: Методическое пособие. Пермь: ОГУ «Аналитический центр», 2004. 52 с.
5. Николаенко Е.В., Авдин В.В., Сперанский В.С. Проектирование очистных сооружений канализации: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. 41 с.
6. Капитонова Г.В. Методические рекомендации по проведению гидробиологического контроля очистки сточных вод с активным илом. М., 2012. 87 с.
7. Пестова Н.Ю. Система очистки нефтесодержащих вод с помощью керамзита // Евразийский союз ученых. 2016. 6 (27). С. 118-119.
8. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В. Прикладная экобиотехнология. В 2 т. Т. 1: учебное пособие. 4-е изд. Москва: Лаборатория знаний, 2020. 672 с.
9. Карманов А.П., Полина И.Н. Технология очистки сточных вод: Учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2015. 207 с.
10. Василенко Т.А., Мохаммед Абдифатах Харед. Применение осадка механической и биологической очистки бытовых и производственных сточных вод в качестве удобрения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 6. С. 211-219.

Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доц.,  
Городничева А.С., бакалавр,  
Перова А.И., бакалавр

(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## ЭКСТРАКЦИЯ КАРОТИНОИДОВ ИЗ ПЛОДОВ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

*Аннотация: рассмотрена физиологическая роль каротиноидов и показана их значимость в формировании защитных механизмов как клетки, так и организма в целом. Получены данные о влиянии качественного и количественного состава экстракта на степень извлечения пигментов из растительного сырья.*

*Ключевые слова:* каротиноиды, пигменты, экстракция.

Каротиноиды являются одним из наиболее распространенных классов растительных пигментов, который применяется для профилактики заболеваний и имеет широкие перспективы использования в клинической практике. Физиологическая роль каротиноидов достаточно разнообразна, кроме того, эти биологически активные вещества обладают обширным перечнем фармакологических свойств, например, антиоксидантной, радиопротекторной, провитаминной, антиканцерогеной и другими видами активности. Актуальной задачей является выбор источника получения этих БАВ и экстрагента, позволяющего экстрагировать каротиноиды в режиме с наименьшим количеством стадий и реагентов, извлекая эти соединения с минимальным количеством сопутствующих соединений [1].

Каротиноиды защищают мембранны живых клеток от разрушения активными формами кислорода, свободными радикалами при оксидантивном стрессе. Многочисленные исследования свидетельствуют о профилактической роли их в оздоровлении населения, химиопрофилактике рака, сердечно-сосудистых заболеваний, катаракты и других дегенеративных и генотоксических нарушений. Наряду с высокой профилактической активностью они безопасны и перспективны для создания лечебно-профилактических средств [2].

За счет антиоксидантной активности каротиноиды обладают значительными оздоровительными эффектами. Так регулярное потребление каротиноидов значительно снижает риск самых опасных болезней: сердечно-сосудистых, онкологических, диабета и др.

Наибольшая смертность населения от этих болезней. Каротиноиды повышают иммунитет, убирают воспалительные процессы [3].

В последние десятилетия значительно возрос интерес к проблеме контролируемого перекисного окисления липидов, поскольку активизация свободнорадикального окисления и так называемый синдром пероксидации лежат в основе пагубного влияния на состав косметических продуктов. Под воздействием кислорода, света и тепла липиды подвергаются перекисному окислению в процессе цепных реакций, обеспечивающие расширенное воспроизведение свободных радикалов, которые инициируют дальнейшее распространение процесса окисления.

Для достижения этой цели основной задачей было изучение кинетических закономерностей процесса каталитического и фотокаталитического окисления липидов, используемых для изготовления косметических кремов, и разработка методов их торможения с использованием природных каротиноидов. [4]

Каротиноиды вовлекаются в различные защитные механизмы:

- благодаря наличию сопряженных двойных связей, могут связывать синглетный кислород и ингибируют образование свободных радикалов, предупреждая их негативное действие на организм;
- обеспечивают защиту от ультрафиолетового излучения, так как могут трансформировать энергию УФ-света в видимый свет, что проявляется в явлении флуоресценции
- выступают в роли антиоксидантов, защищая чувствительные ткани и лабильные соединения от окисления.

Одна из важнейших функций каротиноидов – А-провитаминная активность. Животные и человек не способны синтезировать витамин А, который является незаменимым для зрения, роста, репродукции, защиты от различных бактериальных и грибковых заболеваний, нормального функционирования кожи и слизистых. Витамин А не образуется и в растительных тканях, и может быть получен только путем преобразования провитамин-А активных каротиноидов.

Еще одна важная функция каротиноидов – способность образовывать комплексы с протеинами. Известно, что под действием маленьких молекул изменяется агрегатное состояние протеинов, и их протеиновую и энзимовую активность стабилизируется. Эта способность также обуславливает изменения проницаемости мембран.

Существует связь между высокой каротиноидной и кальциевой концентрацией, в особенности в компонентах митохондрий с каротиноидсодержащими мембранами, следовательно, эти липохромы играют большую роль в транспорте кальция через мембранны.

Весьма важной, проявляющейся внешне, функцией каротиноидов является их способность обеспечивать яркую окраску организмов, которая может выполнять сигнальную функцию, нести информацию [5].

В качестве источника каротиноидов были выбраны плоды рябины обыкновенной. С целью получения пигментов использовали метод экстракции. В качестве экстрагента использовали воду и водные растворы спирта различных концентраций. Масса навески плодов составляла 0,5 г. Навеску плодов измельчали и растирали в ступке, постепенно добавляя экстрагент. Время экстракции составляло 30 минут.

Предварительно проводили фотометрическую реакцию и выбирали аналитическую длину волн. Для этого вначале получали спектр поглощения раствора определяемого вещества в широком спектральном диапазоне и измеряли длину волны, соответствующей максимуму самой интенсивной полосы поглощения. Длина волны составила 420 нм. При установленной длине волны проводили последующие измерения.

Фотометрическое исследование водного и спиртового экстрактов плодов рябины проводили на фотоэлектроколориметре марки АР-101 (рис. 1). Раствором сравнения служили – в первом случае дистилированная вода; во-втором – спирт, концентрация которого была такой же, как у экстрагента.

Полученные данные представлены на рис. 2.



Рисунок 1. Получение вытяжек пигментов и фотометрический анализ

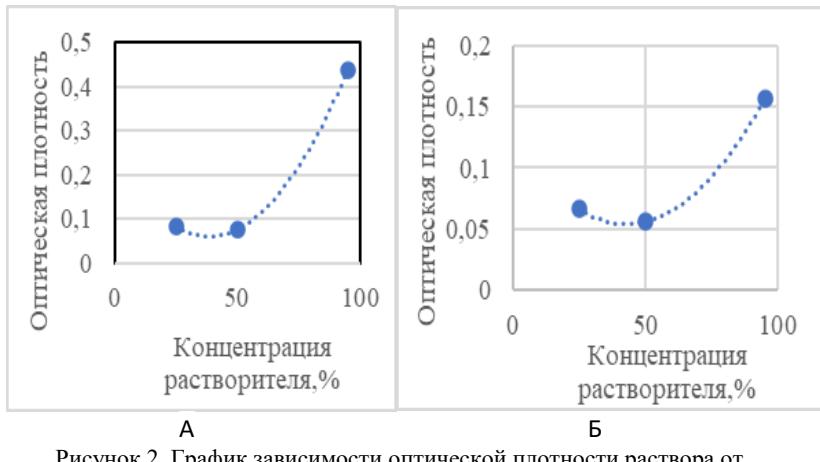


Рисунок 2. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации пигмента в спиртовой вытяжке при длине волны (А) – 460 нм, (Б) – 510 нм

Анализируя полученные зависимости, можно заключить, что максимальная экстракция каротиноидов из плодов рябины обыкновенной достигается при использовании спиртового экстрагента с концентрацией 95%.

#### Библиографический список

1. Курегян А.Г. Изучение каротиноидов тыквы методами спектрофотометрии и тонкослойной хроматографии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-2.; URL: <https://science-education.ru/article/view?id=19732> (дата обращения: 13.03.2023)
2. Шашкина М. Я., Шашкин П. Н., Сергеев А. В. Каротиноиды как основа для создания лечебно-профилактических средств //Российский биотерапевтический журнал. 2009. Т. 8. №. 4. С. 91-98
3. Яшин А. Я., Яшин Я. И. Определение каротиноидов методом ВЭЖХ, их антиоксидантная активность и влияние на здоровье человека (обзор) //Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22. №. 6. С. 794-803
4. Левченко Л. Исследование процессов фотозащиты косметических кремов с использованием каротиноидов //Analele Științifice ale Universității de Stat din Moldova. 2020. С. 60-63.
5. Никитюк В. Г. Каротиноиды и их значение в живой природе и для человека // Провизор. 1999. №6

<sup>1</sup> Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доц.,

<sup>2</sup> Еремина Е.Н., главный специалист-эксперт

экологического надзора

<sup>1</sup> Шевель О.С., бакалавр

(<sup>1</sup> – Белгородский государственный технологический

университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,

(<sup>2</sup> – Центрально-Черноземное межрегиональное управление

Федеральной службы по надзору в сфере Природопользования

(Центрально-Черноземное межрегиональное

управление Росприроднадзора, Белгород, Россия)

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА РЕГЕНЕРАЦИИ ШЛАМА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДОВ

*Аннотация: реагентная очистка сточных вод сохраняет свою актуальность как малозатратный и эффективный способ. Проблемой является накопление шламов водоочистки, требующих складирования, что усугубляет ряд экологических проблем. К ним традиционно относят отчуждение части территории, загрязнение подземных вод и запыление воздуха, нарушение симбиотического баланса экологических систем. Решением проблемы может стать обработка воды с возвратом части отработанного осадка в зону ввода новых порций реагента. Такой подход в ряде случаев приводит к значительной (до 30%) экономии реагента и ускорению осаждения коагулированной взвеси в отстойниках и осветлителях.*  
*Ключевые слова: биологические пруды, реагент, коагулянт, очистка, регенерация.*

Процесс биологической очистки воды в биологических прудах сопровождается приростом избыточной массы водорослей. Отмирание водорослей в водотоке связано с процессами разложения и гниения. Кроме того, наличие остатков водорослей и продуктов их разложения вызывает дополнительное потребление кислорода и нежелательное увеличение биогенных элементов в водоеме. Следовательно, для повышения эффективности биологических прудов, используемых в качестве очистных сооружений, требуется дополнительная очистка сточных вод после них от биогенных элементов и водорослей.

Изучен способ удаления избыточной биомассы водорослей методом коагуляции с использованием глин Латненского месторождения, модифицированных серной кислотой. В результате предложенного способа очистки образуется шлам, содержащий гидроксиды алюминия, железа и биомассы водорослей. По литературным данным аналогичные осадки сбрасываются непосредственно в окружающую среду. Кроме экологического ущерба

происходит потеря дорогостоящих коагулянтов. Представляется необходимым рассмотрение утилизации алюминий- и железосодержащих осадков в комплексе с биомассой водорослей в технологии очистки воды биологических прудов.

Утилизация осадков предполагает регенерацию из них коагулянта и возможность дальнейшего использования части регенерированного коагулянта в процессе очистки воды. Регенерация коагулянта из осадков природных вод в настоящее время не нашла должного применения по ряду причин, в том числе, вследствие вероятного значительного накопления в регенерированном коагулянте бактериальных, органических и неорганических примесей.

По литературным данным коагулянты можно регенерировать путем растворения продуктов гидролиза алюминия и железа в кислотах или щелочах. Кислотная обработка серной или соляной кислотами осадка наиболее эффективна и позволяет вернуть в рабочий цикл до 99% коагулянта.

Целью данной работы являлось исследование возможности регенерации комплексного осадка, включающего гидроксиды алюминия, железа и биомассу водорослей из биологических прудов, сульфатом алюминия с последующим возвратом части регенерированного коагулянта в рабочий цикл биологической очистки.

По литературным данным регенерация коагулянтов возможна в соответствии с химической реакцией образования растворимого дигидроксосульфата алюминия согласно суммарному уравнению:



Показано, что в интервале температур 5-25°C раствор  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  практически на 90% подвергается гидролизу с образованием серной кислоты, которая затем и участвует в растворении  $\text{Al}(\text{OH})_3$  из осадка.

Регенерацию осадка осуществляли в соответствии с методикой, изложенной ниже.

Осадок, образовавшийся в результате осаждения водорослей коагулянтами на основе глин Латненского месторождения отделяли методом центрифугирования (скорость  $3,5 \cdot 10^3$  об./мин. в течении 15 мин.) с последующим удалением надосадочной жидкости. Полученный осадок высушивали при температуре 103-105°C и размалывали. К высушенному осадку добавляли необходимый объем  $n, \%$ -ного раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Смешивание проводили на встряхивающем устройстве. Избыточную жидкость, содержащую непрореагировавший  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , отделяли центрифугированием.

Регенерированный коагулянт высушивали для удаления избыточной влаги и использовали для осаждения биомассы

водорослей из модельных растворов. В очищенном растворе контролировали такие показатели как остаточную численность клеток водорослей, величину ХПК, концентрацию нитрат- и фосфат-ионов, pH среды. В ходе экспериментов отслеживали скорость осветления жидкости и определяли объем образования осадка.

Результаты эксперимента по оценке влияния дозы коагулянта на концентрацию клеток представлены на рис. 1.

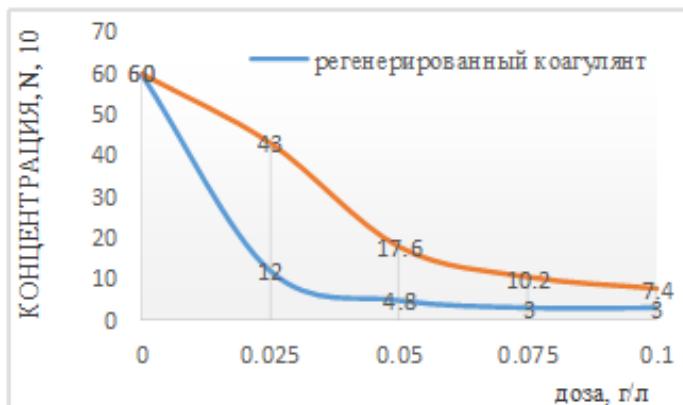


Рисунок 1. Влияние дозы коагулянта на концентрацию клеток

Анализ представленной зависимости показал, что с увеличением дозы регенерированного коагулянта происходит снижение концентрации клеток водорослей в очищаемом растворе. Полученная зависимость свидетельствует также, что применение регенерированного коагулянта более эффективно по сравнению с модифицированной глиной Латненского месторождения.

Сточные воды, прошедшие биохимическую очистку должны соответствовать ряду нормативных величин. Выявлено, что применение регенерированного коагулянта позволяет снизить величину ХПК на 62% по сравнению с исходными значениями. В случае применения в качестве коагулянта модифицированной Латненской глины достигаемое аналогичное значение составляет 42%.

Установлено, что регенерированный коагулянт, как и модифицированная Латненская глина эффективно снижает концентрацию нитрат- и фосфат-ионов в очищаемом растворе до уровня ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Интенсивное развитие водорослей в присутствии биогенных элементов сопровождается интенсификацией процесса фотосинтеза, о чем свидетельствует значительное повышение pH (до 8,54) модельных

растворов. В системах биологической очистки, которые являются моделями природных сообществ микроорганизмов, наблюдается нестабильность pH. Отклонения значения pH от оптимальных величин может нарушить симбиотический баланс водной системы, вызванный гибелью доминирующей микробиологической популяции, ухудшить качество и понизить хозяйственную ценность воды.

В наших экспериментах подобная нестабильность pH может быть вызвана внесением регенерированного коагулянта и реакциями гидролиза с образованием серной кислоты.

Данные по изменению величины pH в процессе осаждения избыточной биомассы водорослей приводятся в табл. 1.

Таблица 1. Значения pH от вносимой дозы регенерированного коагулянта

Доза регенерированного коагулянта, г/л	pH эвтрофированного модельного раствора	pH очищенного модельного раствора
0,065	8,54	7,43
0,08		7,43
0,095		7,46

Очевидно, что внесение регенерированного коагулянта способствует снижению величины pH. Это позволяет сбрасывать очищенные предлагаемым способом воды биологических прудов на рельеф без негативного воздействия на биоту водных экосистем.

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать вторичное использование регенерированных коагулянтов для осаждения избыточной биомассы из биологических прудов.

#### Библиографический список

1. Климов Е.С., Бойко Е.В. Утилизация алюминий содержащего осадка в технологии подготовки питьевой воды. Экологическая химия. 2005, 14(1), 57-61.
2. Крыжановский М.М., Волохов Ю.А. и Павлов А.Н. О сульфатных комплексах алюминия. Прикладная химия. 1971, 44, 476-479.
3. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. М.: Стройиздат, 1980, 189 с.
4. Житенев Б. Н., Новосельцева А. Г. Перспективы использования осадков станций обезжелезивания для физико-химической очистки сточных вод от фосфатов. – 2013.
5. Никитин О. В. и др. Экотехнологии восстановления водоемов: учебное пособие. – 2015.

Порожнюк Л.А., канд. техн. наук, доц.,

Перова А.И., бакалавр,

Городничева А.С., бакалавр,

(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## ЭКСТРАКЦИЯ АНТОЦИАНОВЫХ ПИГМЕНТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Аннотация. в статье рассмотрена история открытия и значение антоциановых пигментов для биохимических и физиологических процессов различных организмов. Приведены некоторые аспекты использования пигментов в пищевой промышленности и фармакологии. Изучено содержание антоциановых красителей в растительном сырье и некоторые методы их извлечения.*

*Ключевые слова: Антоциан, антоциановые пигменты, экстракция, растительное сырье.*

Многие фрукты и овощи имеют свою уникальную окраску. Эту окраску придают особые вещества – пигменты. Природные красители сконцентрированы в генеративных органах растений (пыльце, цветках), вегетативных частях (листьях, корнях, побегах), плодах, семенах. Они защищают растения от вредоносного излучения и ускоряют процесс фотосинтеза, преобразуя свет в энергию [1].

Антоцианы – природная группа водорастворимых пигментов, которые окрашивают фрукты и овощи в яркие тона фиолетовых, красных, желтых, синих оттенков. Также являются вторичными метаболитами – флавонидами [2].

Первые исследования антоцианов провёл английский биохимик Роберт Бойль в 1664 году. Он произвел опыт с синим лепестком василька, который подвергался воздействию щёлочи и кислоты. Лепесток менял окрас на зелёный при щёлочи и на красный при кислоте. Дальнейшее изучение свойств пигментов (способности изменять оттенок), привело к «прорыву» в области биохимии, поскольку помогло учёным XVII века идентифицировать химические реагенты.

Профессор Рихард Вильштеттер, впервые выделивший из растений пигменты в чистом виде, также внес свой неоценимый вклад в изучение антоциановых соединений. На сегодняшний день биохимики экстрагировали более 70 природных красителей, основными предшественниками которых являются следующие агликоны: цианидин, пеларгонидин, дельфинидин, мальвидин,

peonидин, петунидин. Интересно, что гликозиды первого типа окрашивают растения в пурпурно – красный цвет, второго – в красно – оранжевый тон, третьего – в голубой или синий оттенок [3].

Антоцианы содержатся не во всех продуктах. Как правило, это ягоды, некоторые фрукты и овощи. Больше всего их содержится в ягодах тёмно-фиолетовой и бордовой окраски: чернике, ежевике, голубике, черноплодной рябине, вишне, малине, винограде (тёмных сортов). Антоцианами богаты баклажаны, помидоры, свёкла, красный перец, краснокочанная капуста. В малых количествах содержатся в «светлых» растениях: картофель, груша, горох, яблоко, банан.

Количество антоцианов в продукте зависит от особенности сорта растения и условий его произрастания. Высокая температура способствует усилению цвета, делает его насыщенней, а при низких теряет яркость. В свою очередь, низкие температуры способствуют накоплению пигментов. Например, максимальные концентрации антоцианов содержат северные и альпийские луговые растения. Поэтому термическая обработка является основной для длительного сохранения окраса продуктов [4].

Антоцианы оказывают непосредственное влияние на организм человека. Так как они не образуются в организме, они поступают вместе с едой. Суточная необходимость составляет 200 мг, больному требуется 300 мг. Из организма выводятся довольно быстро, из-за чего не происходит накапливание.

Антоциановые пигменты обладают бактерицидным свойствами, способны уничтожать разные виды вредоносных бактерий и грибков. Благодаря этому, они усиливают иммунитет, чем помогают организму бороться с инфекциями и быстрее выздороветь после простуды, ангины, гриппа. А при достаточном количестве помогают выйти из депрессии, сглаживают последствия стресса и выводят из встревоженного состояния [5].

При проведении различных исследований, врачи установили, что пигмент способствуют укреплению капилляров и сосудов, обладают противоотечными свойствами. Его воздействие схоже с воздействием витамина Р. Так же учёные создали новый препарат на основе антоцианов, пищевую добавку «Антоциан Форте» для поддержки здоровья глаз [6].

Антоцианы имеют еще одну незаменимую способность – разрушать локализованный жир в брюшной полости. Другими словами, являются мощными противниками жировых накоплений. Если съедать по две чашки ягод с красителем ежедневно, то фигура

через некоторое время придет в норму. Также установили, что сушеные ягоды оказывают лучшее воздействие на организм.

Что касается вредных свойств пигментов, то в США интенсивно продолжаются исследования по их выявлению. Но на данный момент выявлены только позитивные характеристики. В следствие этих экспериментов уже выявлено, что антоцианы активно противодействуют раку тонкой кишки и пищевода. Они выводят из организма токсины и успешно борются с сахарным диабетом. Но дозировка для каждого организма является индивидуальной [7].

В промышленности антоциан получил название Е163. Большее применение получил в пищевой, косметологической промышленности и фармакологической промышленности.

В пищевой промышленности его используют для приготовления различных видов продуктов. Среди них: выпечка (торты, пирожные), соусы, майонез, сыр, различные вина. В косметологической используются для приготовления кремов и масок. Они омолаживают кожу, придают эластичность. А в фармакологии используют для создания «цветных» витаминов и биологически активных веществ [8].

В производстве молока и кисломолочной продукции его не используют, поскольку с ним она приобретает синий цвет. Это происходит из-за кислотности среды.

Способы выделения антоцианов из растений довольно непросты. В основном их выделяют методом экстракции. Выбирается определенный продукт и подходящий растворитель. Но при таком методе выделяются соединения, содержащие примеси. От них избавляются и получают конечный продукт в очищенном виде [9].

Проведены исследования по извлечению пигментов методом экстракции из ягод винограда сорта «Изабелла». Экстракцию осуществляли из определенных навесок винограда с использованием различных растворителей определенных концентраций (вода, 95%-й этиловый спирт, 50%-й водно-спиртовой раствор, 25%-й водно-спиртовой раствор). Экстракт с пигментами отделяли методом фильтрования через бумажный фильтр («синяя лента»). В полученном экстракте определяли оптическую плотность при длинах волн 600 нм и 510 нм.

Анализ полученных результатов показал, что оптимальной длиной волны для определения оптической плотности экстрагентов, содержащих антоциановые пигменты, является  $\lambda = 510$  нм.

Полученные величины оптических плотностей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты оптического анализа

Растворитель	Оптическая плотность при различных длинах волн ( $\lambda$ ), нм	
	510 нм	600 нм
Вода	0,184	0,072
25%-й водно-спиртовой раствор	0,229	0,0701
50%-й водно-спиртовой раствор	0,319	0,119
95%-й водно-спиртовой раствор	0,579	0,213

Установлено, что растворитель и его концентрация имеет большое влияние на степень извлечения пигментов. Содержание пигмента в экстракте устанавливали гравиметрически. Выявлено, что наибольшее количество пигмента содержится в экстракте на основе 95%-го водно-спиртовой раствора. Таким образом, чем больше концентрация растворителя, тем быстрее идет процесс экстракции и выделение пигмента будет максимальным.

#### Библиографический список

1. Танчев, С.С. Антоцианы в плодах и овощах. Москва: Изд-во: Пищевая промышленность, 2005. 304 с.
2. Красильникова, Л.А. Биохимия растений / Л.А. Красильникова, О.А. Аксентьева, В.В. Жмурко. М.: Ростов: Феникс, 2004. 224 с.
3. А.А.Красильникова, О.А.Алексеева, В.В.Жмурко. Биохимия растений. Ростов-на-Дону: Изд-во: Торсинг, 2004, 224 с.
4. Воскресенская О.Л., Грошева Н.П., Скочилова Е.А. Физиология растений: Учебное пособие. Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола: Изд-во: Мар. Гос. ун-т, 2008.148с.
5. Филиппова Г. Г., Смолич И.И. Основы биохимии растений. Минск: Изд-во: БГУ, 2004. 136 с.
6. А.М. Макаревич, А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович и др. / Функции и свойства антоцианов растительного сырья. М.: Труды БГУ: научный журнал, 2009. 245 с.
7. Бриттон Н.А. Биохимия природных пигментов. Москва: Изд-во: Мир, 1999. 385с
8. Макаревич, А.М., А.Г. Шутова, Е.В. Спиридович, В.Н. Решетников // Функции и свойства антоцианов растительного сырья (выпуск 2). М.: Труды БГУ, 2010. 135 с.
9. Опарина С. А., Рябова М. С. Растительные пигменты как альтернатива синтетическим красителям и индикаторам. М.: Молодой ученый, 2015. 133 с.

Прибылов Д.А. студент-бакалавр  
Власенко Ю.В. студент магистратуры  
Чурикова Д.А. студентка-бакалавр  
Шеховцова Л.В. студент магистратуры  
Маслова Е.В. канд. биол. наук, доц.  
(Национальный исследовательский университет  
Белгородский государственный университет, г. Белгород,  
Россия)

## КУЛЬТИВИРОВАНИЕ IN VITRO РАСТЕНИЙ ВИДА *ASTRAGALUS ALBICAULIS*

**Аннотация:** Цель проведенного исследования заключалась в оценке эффективности различных дезинфекторов в качестве стерилизующих агентов растительных эксплантов астрагала белостебельного (*Astragalus albicaulis DC*). В результате исследования установили, что наиболее эффективными стерилизаторами, способными подавить различного рода инфекционных возбудителей экзогенного характера и не препятствовать прорастанию эксплантов, являются растворы лизоформина и перекиси водорода.

**Ключевые слова:** Астрагал белостебельный, *in vitro*, стерилизация растительного материала

Астрагал белостебельный (*Astragalus albicaulis DC*) встречается по петрофитным степям на меловых обнажениях. Его высота составляет 0-50 см. Большие заросли вида встречаются на Меловой горе возле с. Саловка Вейделевского района. Стебли астрагала тонкие, белые, опушённые, с древеснеющими основаниями. Листья длиной до 6 см, на коротких черешках, с 5-4 парами продолговатых или овальных волосистых листьев. Цветёт в мае – июле белыми или беложёлтыми цветками, собранными в кисть длиной до 10 см. Плоды – сидячие, продолговатые бобы, которые созревают, начиная с июня. Размножается семенами. Вид занесен в Красную книгу Белгородской области (категория статуса редкости VI – особо ценный вид). [1].

Астрагал белостебельный является потенциальным источником биологически активных веществ и может быть использован в различных промышленных отраслях. Так, в гексановом экстракте растения путем тонкослойной хроматографии и спектрофотометрического анализа при длине волны  $\lambda=453$  нм были обнаружены два соединения из класса каротиноидов в количестве более 6 мг, что говорит о потенциальном использовании растений вида в качестве источника каротиноидов [2].

В водном извлечении из особи астрагала белостебельного посредством проведения ряда качественных реакций и перманганатометрического метода были обнаружены конденсированные дубильные соединения в содержании свыше 3% [3].

Методом элементарного спектрального анализа был проведен качественный анализ минеральных компонентов измельченной сухой взвеси особей астрагала белостебельного. Результаты исследования указали на достаточно высокую концентрацию железа, фосфора, калия, кальция, а также ряд других макро- и микроэлементов, необходимых для поддержания нормального метаболизма организма человека; в то же время содержание таких токсичных соединений, как сурьма, мышьяк и титан и др. не превышало предельно допустимой концентрации [4].

Вышеприведенные исследования указывают на фармакологическую значимость астрагала белостебельного. Тем не менее, применение растения в массовом производстве не представляется возможным ввиду его статуса исчезающего вида. Альтернативой использования нативного растительного материала может послужить метод микреклонального размножения, обеспечивающий не только получение значительной массы растительного сырья, но и сохранение исходных особей в их естественной среде обитания [5]. Тем не менее, для успешного производства растительного методом микреклонального размножения необходимо поддерживать стерильность эксплантов на всех стадиях размножения.

На стадии введения эксплантов в культуру стерильности нельзя добиться путем термической обработки, так как растительный материал термолабилен. Использование физических методов стерилизации также не может обеспечить достаточную ее эффективность, так как остается риск развития эндогенной инфекции. Поэтому на данный момент широко применяется метод дробной стерилизации с участием antimикробных химических соединений. Подбор вещества, его концентрации и времени обработки им эксплантов строго специфичен для каждого отдельного вида, что требует определения подходящего стерилизатора опытным путем.

Целью исследования является подбор оптимального стерилизующего агента и режима обработки им семян астрагала белостебельного, выступающих в качестве эксплантов.

В баночки объемом 100 мл вносили 25 мл питательной среды Мурасиге-Скуга без добавления регуляторов роста растений. Баночки со средой стерилизовали. Приступали к стерилизации семян

непосредственно перед их введением в культуру, производя все дальнейшие операции в ламинарном боксе. Семена погружали в различные растворы-стерилизаторы: раствор белизны, раствор перекиси водорода, раствор лизоформина, раствор биоцида. Время экспозиции 10, 15 и 20 минут. По завершении стерилизации семена переносили на ранее стерилизованные баночки с питательной средой. После введения семян в культуру банки помещали в термостат на 23°С на 7 суток, после чего считали количество проросших семян и количество не зараженных той или иной инфекцией семян относительно их общего числа.

Результаты опыта показали, что наибольшая вероятность сохранения стерильности посевного материала свойствена тем образцам, которые подверглись обработке перекисью водорода в течение 20 минут, лизоформином в течение 20 минут и белизной в течение 20 минут. Наблюдается четкая тенденция к повышению эффективности стерилизации с увеличением длительности обработки растительного материала всеми исследуемыми стерилизаторами. Исходя из представленных результатов, наибольшую прорастаемость демонстрируют образцы, прошедшие обработку растворами биоцида в течение 20 минут. Также стоит обратить внимание, что обработка биоцидом и перекисью водорода, в отличии от других режимов и стерилизаторов, с увеличением ее длительности повышает вероятность прорастаемости семян. Это может говорить о стимулирующем действии стерилизаторов на рост зародышей и требует дальнейшего изучения.

В результате проведенного исследования было определено, что наиболее эффективными стерилизаторами для обработки семян астрагала белостебельного являются раствор лизоформина и перекись водорода. Наиболее оптимальным режимом обработки является замачивание семян в стерилизаторах в течение 20 минут.

Выводы данного исследования позволяют наиболее эффективно и с наименьшими потерями вводить растительные экспланты в культуру *in vitro*.

#### **Библиографический список**

1. Красная книга Белгородской области / под ред. А.В. Присного. Б: Белгород, 2004, 532 с.
2. Позднякова Т. А., Бубенчиков Р. А. Изучение каротиноидов травы астрагала белостебельного //Современная медицина: актуальные вопросы. – 2016. – №. 8. – С. 90-95.
3. Позднякова Т. А., Бубенчиков Р. А. Изучение дубильных веществ астрагала белостебельного (*Astragalus albicaulis* DC) //Традиционная медицина. – 2016. – №. 3 (46) 2016. – С. 42-43.

4. Позднякова, Т. А. Изучение элементного состава травы астрагала белостебельного / Т. А. Позднякова, Р. А. Бубенчиков // Научный форум: медицина, биология и химия : сборник статей по материалам VI международной заочной научно-практической конференции. Том 4 (6): Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования», 2017. – С. 55-60
5. Бутенко Р.Г. // Культура изолированных тканей и физиология растений. 1964. С. 272.

**579.26:574.23**

<sup>1</sup>Речкина В.И., канд. биол. наук, н.с.

<sup>2</sup>Гаранкина В.А., студент

<sup>1</sup>Щербакова В.А., д-р биол. наук, вед. н.с.,

(1 – ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия,

2 – Факультет биотехнологии, МГУ им. М.В.

Ломоносова, г. Москва, Россия)

## **НОВАЯ ХОЛОДОУСТОЙЧИВАЯ МЕТАНОБРАЗУЮЩАЯ АРХЕЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АГЕНТ ДЛЯ БИОАУГМЕНТАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА**

**Аннотация:** исследованы образцы буровой жидкости из скважины Харасавейского газового месторождения полуострова Ямал. В процессе анаэробного культивирования на среде с добавлением метанола при температуре 20°C удалось выделить и идентифицировать чистую культуру метаногенной археи штаммом VO1. Секвенирование гена 16S рРНК указало на принадлежность изолята к роду *Methanosarcina*. Способность нового метаногена расти при температурах 10-20°C делает этот штамм перспективным агентом для биоаугментации в низкотемпературных процессах получения биогаза.

**Ключевые слова:** метаногенные археи, многолетняя мерзлота, Российская Арктика, биоаугментация

Быстрые темпы развития промышленного производства приводят к росту потребления энергии, получаемой в основном путем сжигания невозобновляемого ископаемого топлива, такого как нефть, природный газ и уголь. Следствием этого становится цепь глобальных проблем, а именно истощение энергоресурсов, рост стоимости на разработку новых месторождений, глобальное потепление и загрязнение окружающей среды. В настоящее время особый интерес прикован к Арктике как к стратегическому нефтегазоносному региону. Поэтому помимо естественных причин большое влияние на состояние мерзлоты оказывает и антропогенное воздействие. Харасавейское месторождение расположено на полуострове Ямал, и по размеру

запасов газа относится к категории уникальных, кроме того характеризуется сложными геокриологическими условиями. Физико-химические методы обработки отходов эксплуатационных скважин являются дорогими и энергоемкими и сопряжены с образованием вторичных отходов [1]. В связи с этим активно развиваются направления, использующие биологические методы.

Нами были исследованы образцы буровой жидкости из скважины Харасавейского газового месторождения (западная часть полуострова Ямал), предоставленные сотрудниками лаборатории криологии почв Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Буровая жидкость представляла собой пастообразную массу темно-серого цвета с металлическим блеском и запахом масла. Образцы массой 70 г преинкубировались в стеклянных флаконах объемом 150 мл с добавлением питательных сред DSMZ 141, DSMZ 120 и минеральной среды [2] в атмосфере  $N_2$  с добавлением  $H_2/CO_2$  (80:20) при температурах 8 и 20° С. Среды готовили с помощью анаэробной техники Хангейта [3]. О наличии метаногенов в посеве судили по увеличению метана в газовой фазе. Метан измеряли методом газовой хроматографии.

В результате был зафиксирован прирост метана к концу 4 месяца анаэробной инкубации образцов как при 4, так и при 20°С, однако максимальное значение (23.4%) было обнаружено при 20°С.

Дальнейшее культивирование данного образца на среде DSMZ 120 с добавлением метанола (5 г/л); ацетата (2 г/л) и  $H_2/CO_2$  (80:20) в качестве субстратов для метаногенеза показало, что предпочтительным субстратом для культуры является метанол (Рис. 1).

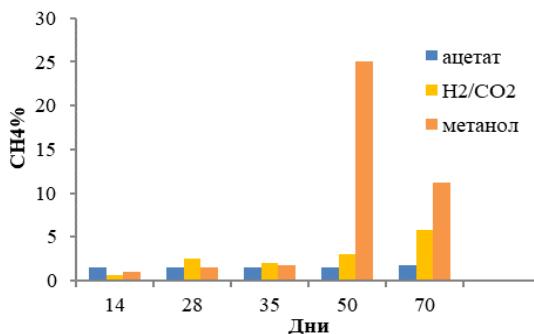


Рисунок 1. Динамика образования метана штаммом VO1 при культивировании на разных субстратах.

Методом десятикратных разведений на среде DSMZ 120 с метанолом в качестве источника углерода и энергии мы получили чистую культуру археи, которую обозначили штаммом VO1.

Микроскопический анализ показал, что клетки штамма VO1 представляли собой кокки диаметром 1.5-2.2 мкм, находящиеся в свободном состоянии или в виде характерных для метаносарцин агрегатов (Рис. 2 А). Также при микроскопическом исследовании нами было обнаружено ранее неизвестное свойство для метаноархей: выдавливание клеток из полисахаридного каркаса (Рис. 2 Б). Предполагаем, что это может быть связано с защитной реакцией на неблагоприятные факторы среды.

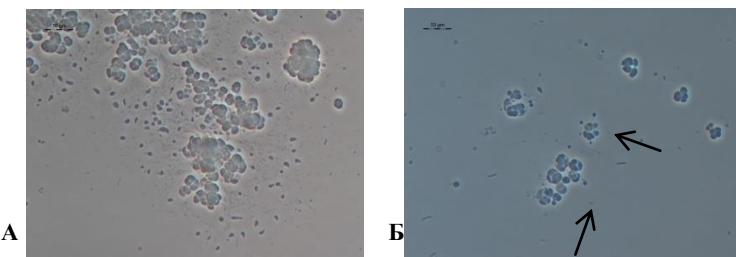


Рисунок 2. Микрофотографии клеток штамма VO1, выделенного из Харасавейского газового месторождения при 20°C, фазовый контраст. Длина масштабной линейки – 10 мкм

С использованием универсальных архейных праймеров к гену 16S рРНК была получена последовательность этого гена длиной 1057 нуклеотидов, филогенетический анализ которой с помощью сервиса Blastn в ГенБанке показал, что ближайшим видом для штамма VO1 являлся *Methanosaerina rifflame us* HC-2<sup>T</sup> (Рис. 3), выделенный из глубоких подземных вод севера Японии [4]. Сходство составило 99.71%.

Предварительное исследование свойств новой метаносарцины показало, что штамм VO1 отличает от *M. subterranea* способность к росту на ацетате и H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> и более низкая температура для роста [4]. Эти данные позволяют предполагать, что изолят может принадлежать новому виду рода *Methanosaerina*. Окончательный вывод можно будет сделать после получения полногеномной последовательности штамма VO1 и сравнения ее с геномами других метаносарцин.

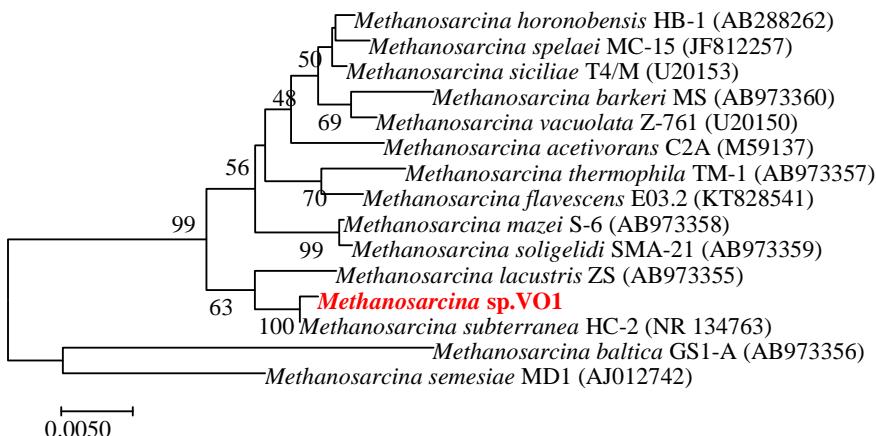


Рисунок 3. Филогенетическое древо, основанное на сравнении генов 16S рРНК, показывающее положение штаммов VO1 среди других видов рода *Methanosarcina*. Вероятность ветвления получена по методу neighbor-joining.

Масштаб равен 0.005 замен на 100 позиций. В скобках даны номера последовательностей в GenBank

Из многолетнемерзлых отложений были выделены представители рода *Methanosarcina* – *M. soligelidi* SMA 21<sup>T</sup> [5] и *M. mazei* JL01 [6]. Получение микроорганизмов, устойчивых к жизни в низкотемпературных экосистемах, таких как Арктика, делает их перспективными объектами для биотехнологии. Способность нового метаногена расти при температурах 10-20° С делает этот штамм перспективным агентом для биоаугментации (внедрение чистых культур микроорганизмов) в низкотемпературных процессах получения биогаза.

#### Библиографический список

1. W. Ouyang, H. Liu. Comparison of bio-augmentation and composting for remediation of oily sludge: A field-scale study in China // Process Biochemistry. 2005. V.40. P.3763-3768.
2. Субстратная специфичность метаногенных сообществ из донных отложений оз. Байкал, ассоциированных с разгрузками углеводородных газов / С.В. Букин, О.Н. Павлова, Г. В. Калмычков, В. Г. Иванова, Т.В. Погодаева, Ю.П. Галачьянца, Ю.С. Букина, А.В. Хабуева, Т.И. Земская // Микробиология. 2018. Т. 87. №. 4. С. 409-420.

3. Hungate R.E. A role tube method for cultivation of strict anaerobes // Methods of Microbiology / J.B. Norris, D.W. Ribbons. New York: Academic Press, 1969. Ch. IV. P. 117–132.
4. *Methanosarcina rifflamme us* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface diatomaceous shale formation / S. Shimizu, A. Ueno., T. Naganuma, K. Kaneko // International journal of systematic and evolutionary microbiology. 2015. V. 65. №. Pt\_4. P. 1167-1171.
5. *Methanosarcina soligelidi* sp. nov., a desiccation-and freeze-thaw-resistant methanogenic archaeon from a Siberian permafrost-affected soil / D. Wagner, J. Schirmack, L. Ganzert, D. Morozova, K. Mangelsdorf // International journal of systematic and evolutionary microbiology. 2013. V. 63. №. Pt\_8. P. 2986-2991.
6. Characterization of *Methanosarcina mazei* JL01 isolated from Holocene Arctic Permafrost and study of the archaeon cooperation with bacterium Sphaerochaeta rifflamme GLS2<sup>T</sup> / V. Oshurkova, O. Troshina, V. Trubitsyn, Y. Ryzhmanova, O. Bochkareva, V. Shcherbakova// Proceedings. MDPI, 2020. V. 66. №. 1. P. 4.

## УДК 628.5

<sup>1</sup>Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.,

<sup>1</sup>Ярочкина А.В., аспирант,

<sup>1</sup>Воронина Ю.С., аспирант,

<sup>2</sup>Деревянкина Л.В., учитель химии

(1 – БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия;

2 – МБОУ СОШ № 47 г. Белгорода, Россия)

## АДСОРБЦИЯ ИОНОВ $Ni^{2+}$ БИОМАТЕРИАЛОМ РЫБЬЕЙ ЧЕШУИ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД

**Аннотация:** Рассмотрена возможность использования биоматериала измельченной рыбьей чешуи в качестве альтернативного сорбционного материала. Исследована кинетика адсорбции ионов никеля (II) биоматериалом рыбьей чешуи. Установлено, что сорбционная емкость составляет 0,242 ммоль/г.

**Ключевые слова:** рыбья чешуя, водная среда, адсорбция, сорбционная емкость

На сегодняшний день более миллиарда человек в мире не имеют устойчивого доступа к чистой воде, а еще 2,4 млрд человек не имеют доступа к надлежащим средствам санитарии, которые все основаны на использовании воды [1]. Все это приводит к катастрофическим последствиям. Ежедневно более 2,2 млн человек, главным образом, в развивающихся странах, умирают от болезней, связанных с низким качеством воды. Ежедневно около 6000 детей умирают от болезней, которые можно предотвратить путем улучшения санитарно-

гиgienических условий. И такое положение продолжает ухудшаться [1].

В связи с вышесказанным чрезвычайно важным является предотвращение дальнейшего загрязнения природных вод, которое связано с антропогенной деятельностью, поскольку со сточными водами различных предприятий в водные объекты попадают тысячи загрязняющих веществ. Для улучшения экологического состояния водных объектов сточные воды должны проходить глубокую очистку.

К одним из наиболее токсичных веществ, содержащихся в сточных водах, относится никель. Для его извлечения из водных сред в последнее время широко рекомендуется использовать разнообразные отходы неорганической и органической природы [2-10]. Отход рыбоперерабатывающей промышленности – рыбья чешуя – в силу своих физико-химических свойств также может быть использована в водоочистке [11-16].

В работе использовали модельные никельсодержащие растворы и измельченная чешуя горбуши тихоокеанской.

Сорбционные свойства рыбьей чешуи (РЧ) определялись в режиме статической адсорбции из модельных растворов, содержащих ионы  $\text{Ni}^{2+}$  в концентрациях от 10 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> и дозировкой сорбционного материала РЧ - 4 г/дм<sup>3</sup>. Материал РЧ был предварительно измельчен до размеров менее 2 мм и высушен до постоянного веса в сушильном шкафу типа «Loip LF-7/13-G2» (Россия) при температуре 105-110 °С. К 100 см<sup>3</sup> модельного раствора добавляли навеску РЧ, содержимое реакционной колбы перемешивали в течение 5 ч при температуре 20 °С. Затем содержимое колбы фильтровали через бумажный фильтр; начальную и равновесную концентрацию раствора определяли фотоколориметрически при длине волны  $\lambda = 445$  нм.

На основании полученных данных рассчитывали сорбционную емкость, А, по формуле:

$$A = \frac{C_n - C_p}{m} \cdot V,$$

где А – сорбционная емкость, ммоль/г; С<sub>н</sub> – начальная концентрация ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе, моль/дм<sup>3</sup>; С<sub>п</sub> – концентрация ионов  $\text{Ni}^{2+}$  после адсорбции, моль/дм<sup>3</sup>; V – объем раствора, дм<sup>3</sup>; m – масса сорбционного материала, г.

Изотерма адсорбции ионов  $\text{Ni}^{2+}$  биоматериалом измельченной чешуи представлена на рис. 1.

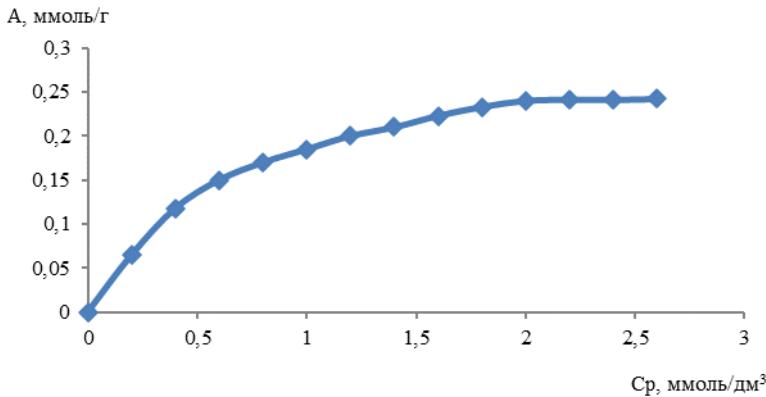


Рисунок 1. Изотерма адсорбции ионов  $\text{Ni}^{2+}$  биоматериалом рыбьей чешуи

Как видно из представленного графика, максимальная сорбционная емкость материала РЧ по отношению к ионам  $\text{Ni}^{2+}$  составляет 0,242 ммоль/г или 14,3 мг/г.

Таким образом, биоматериал измельченной рыбьей чешуи может быть использован в качестве альтернативного сорбционного материала для извлечения ионов  $\text{Ni}^{2+}$  из водных сред.

#### Библиографический список

1. World Water Development Report (WWDR) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report>
2. Dawood S., Sen T.K. Review on dye removal from its aqueous solution into alternative cost effective and non-conventional adsorbents // Journal of Chemical and Process Engineering, 2014. № 1. С. 1-11.
3. Малышкина Е.С., Вялкова Е.И., Осипова Е.Ю. Использование природных сорбентов в процессе очистки воды от нефтепродуктов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. №. 1. С. 188-200.
4. Bulgariu L., Escudero L.B., Bello O.S. The utilization of leaf-based adsorbents for dyes removal: A review // Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 276. P. 728-747.
5. Svyatchenko A.V., Sverguzova S.V., Fomina E.V. , Shaikhiev I.G. Using leaves and needles of trees as sorption materials for the extraction of oil and petroleum products from solid and water surfaces // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. vol. 160. P. 299-306.

6. Кондрашова А.В. Природные минералы в процессах очистки сточных вод. *ScienceTime*. 2015. № 3 (15). С. 269-270.
7. Meez E., Rahdar A., Kyzas, G.Z. Sawdust for the removal of heavy metals from water: a review // *Molecules*. 2021. Vol. 26.
8. Шайхиев И.Г., Свергузова С.В., Шайхиева К.И., Сапронова Ж.А. Использование скорлупы грецкого ореха (*Juglans regia*) в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из природных и сточных вод // Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 5–18.
9. Use of chestnut shell (*Castánea*) as adsorption material for removing pollutants from natural and sewage waters: a review / I.G. Shaikhiev, S.V. Sverguzova, E.V. Fomina, R.Z. Galimova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 945. № 012072. 8 p.
10. Shaikhiev I.G., Kraysman N.V., Sverguzova S.V. Review of almond (*Prunus dulcis*) shell use to remove pollutants from aquatic environments // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2021. vol. 11. No 6. P. 14866-14880.
11. Othman N. Characterization and optimization of heavy metals biosorption by fish scales / N. Othman, M.I. Juki. // *Regional Symposium on Engineering and Technology*, Kuching, Sarawak, Malaysia. 2011. P. 126-132.
12. Magsi S.K., Kandhar I.A., Brohi R.-O-Z., Channa A. Removal of metals from water using fish scales as a bio adsorbent // *AIP Conference Proceedings*. 2019. 2119. 020023.
13. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Ярочкина А.Н., Спесивцева С.Е. Чешуя рыб как биосорбент поллютантов из сточных и природных вод (обзор литературы) // Вода: химия и экология. 2019. № 10-12. С.120–130.
14. Shaikhiev I.G., Kraysman N.V., Sverguzova S.V., Spesivtseva S.E., Yarothckina A.N. Fish Scales as a Biosorbent of Pollutants from Wastewaters and Natural Waters (a Literature Review) // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2020. vol. 10, Issue 6. P. 6893-6905.
15. Свергузова С.В., Ярочкина А.Н., Шайхиева К.И., Мельников С.Н., Самылов С.А., Антюфеева Е.С. Чешуя промысловых рыб как средство для извлечения нефтепродуктов из водных сред // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сб. докл. Всероссийск. науч.-техн. конф. (Белгород, 17–19 сент., 2018 г.) – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. С. 172-175
16. Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Ярочкина А.Н. Чешуя горбуши (*riflamme us gorbuscha*) в качестве сорбционного материала красителей из водных сред // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сб. докл. Всеросс. науч. конф. (Белгород, 19-23 октября, 2020 г.) – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. С. 80-85.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ Р-ВИТАМИННЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧАЕ

*Аннотация: В настоящее время возрос интерес к чаю, что напрямую связано с его сложным химическим составом, который зависит от многих факторов, начиная от его сорта до факторов производства и хранения. В его состав входит множество витаминов, основным из которых является витамин Р, тем самым делая его наиболее богатым продуктом с его содержанием. В работе определено рутинина в четырех видах чая, используя две различные методики.*

*Ключевые слова: чай, биофлавоноиды, катехины, рутин.*

Чай изучают на протяжении многих веков, а исследование химического состава чая проводится учеными по меньшей мере более 150 лет. Только за последние десятилетия стало возможным получить сравнительно полное представление о том, какие химические вещества входят в состав чая. Еще в конце XIX века считали, что чай состоит из 4-5 основных веществ, однако в настоящее время в чае насчитывают десятки одних лишь крупных групп веществ, каждая из которых включает множество сложных и простых элементов. Общее число входящих в чай химических веществ и соединений пока еще невозможно подсчитать. Еще 15 лет назад их насчитывалось около 130, а в настоящее время обнаружено уже около 300, причем 260 из них удалось идентифицировать, определив их строение. Чай состоит из 30-50% экстрактивных веществ: зеленые чаи содержат их больше – 40-50%, а черные – меньше 30-45%. Зеленый чай получают из того же сырья, что и черный, однако способ их переработки различен. Листья, используемые для приготовления зеленого чая, не подвергают ферментации, как черного, а сразу сушат, поэтому их зеленый цвет сохраняется, так же, как и природные свойства. А все многообразие чаев делится на 4 основных типа: черный, зеленый, красный и желтый [1].

Чайный лист состоит из воды, сухих веществ, экстрактивных веществ, алкалоидов, фенольных соединений, углеводов, азотсодержащих веществ неалкалоидной природы, гликозидов, пигментов, органических кислот, минеральных веществ, эфирных масел, альдегидов, смол, витаминов и ферментов. Сухие вещества можно условно разделить на растворимые в горячей воде

(экстрактивные) и нерастворимые, которые остаются в чае после заваривания (разварка). Чем больше экстрактивных веществ, тем выше качество и биологическая ценность чая. К первой группе относятся вещества, положительно влияющие на качество чая: фенольные соединения (танин, катехины, фенолкарбоновые кислоты и т. д.), эфирные масла и альдегиды, кофеин, теобромин и теофиллин, аминокислоты, витамины, ферменты, водорастворимые углеводы, микро- и макроэлементы и др. Ко второй группе относятся балластные вещества, т. е. отрицательно влияющие на качество чая: высокомолекулярные полимеры (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, протопектин, пектиновая кислота), хлорофиллы, нерастворимые белки и др. В чайном растении образуется и накапливается кофеин, содержание которого может достигать 2–5 %. Высокое содержание кофеина в чае указывает на его качество [2].

Флавоноидные соединения чая на протяжении последних 30 лет интенсивно изучались в лабораториях многих стран. Результатом этой большой работы стало установление химической структуры примерно у 6500 флавоноидов, содержащихся не только в чае, но и в других растениях. В чае содержатся такие представители флавоноидов, как катехины, лейкоантоцианы, флавононы, антоцианы, флавоны, флавонолы и др. В чайных листьях флавоноиды присутствуют как в свободном состоянии, так и в виде гликозидов. Качество и полезные свойства чая, как напитка, зависят от концентрации флавоноидов и их производных – сложных эфиров галловой кислоты. Среди пищевых источников флавоноидов чай занимает особое место, так как, с одной стороны, он является одним из главных источников флавоноидов, а с другой стороны – это второй после воды наиболее употребляемый напиток [1].

Катехины — это наиболее ценные вещества, содержащиеся в чае. Именно они, главным образом, отвечают за качество и полезные свойства готового чая. Катехинам присуща высокая биологическая активность, обусловленная присутствием в молекуле активных фенольных гидроксильных и карбонильных групп, которые подвергаются различным биохимическим изменениям, принимают участие в ряде физиологических процессов и обладают широким спектром фармакологической активности. Катехины оказывают мочегонное, антимикробное, противовоспалительное, противоопухолевое действие и др. Также катехины являются сильнейшими антиоксидантами. Они регулируют проницаемость капилляров, увеличивают упругость их стенок, а также способствуют более эффективному использованию организмом аскорбиновой

кислоты, абсорбируют холестерин, снижая риск возникновения атеросклероза, тромбоза. Катехины относят к веществам, обладающим Р-витаминной активностью, используют при лечении заболеваний, связанных с нарушением функций капилляров, отеках сосудистого происхождения, окислительных стрессах [3,4].

К веществам с Р-витаминного действия относится ряд соединений фенольной природы, уменьшающих проницаемость и повышающих прочность стенок кровеносных сосудов. В основе строения этих веществ лежит ядро флавона. Под термином «витамин Р», объединяется группа соединений со сходной биологической активностью: катехины, халконы, дигидрохалконы, флавины, флавононы, изофлавоны, флавонолы и др. Этим объясняется их общее название «биофлавоноиды». К группе веществ Р-витаминного действия относят также антоцианидины, а выделенный из лимонов в кристаллическом виде витамин группы Р назван цитрином.

В нашей работе для определения количественного содержания Р-витаминных веществ в чае было использовано 2 методики. В одном из экспериментов не удалось получить достоверных данных, поэтому было решено провести измерения другим способом. Но оба метода заключаются в титровании и требуют одних и тех же реагентов. В основу метода количественного определения витамина Р в чае положена способность бесцветных катехинов окисляться марганцевокислым калием с образованием окрашенных соединений. В качестве объектов исследования были взяты разные чаи:

- 1) зелёный байховый «ГРИНФИЛД» в пакетиках для разовой заварки;
- 2) зелёный байховый «Maitre» для разовой заварки;
- 3) чёрный байховый «ГРИНФИЛД» в пакетиках для разовой заварки;
- 4) чёрный байховый «Азерчай с Ароматом лесных ягод» в пакетиках.

Изначально определение содержания витамина осуществлялось по методике Шапиро Д.К. Навеску чая в 0,5 г перенесли в коническую колбу на 250 мл, залили 200 мл кипящей дистиллированной воды, накрыли колбы воронками и продолжили кипячение в течении 5 минут, после чего охладили и измерили общий объём водного экстракта. Затем в коническую колбу на 250 мл внесли 100 л дистиллированной воды, 5 мл раствора индигокармина и 2 мл водного экстракта из листьев чая. Таким же образом приготовили контрольный образец, добавив все реагенты за исключением водного экстракта. Раствор, окрашенный в синий цвет, титровали 0,1н раствором  $Kmno_4$

до появления жёлтого окрашивания (рис. 1 и 2).

Суммарное содержание рутина вычисляют по формуле:

$$W(\text{рутин}) = \frac{(a - b) \cdot K \cdot 0.0064 \cdot V_1 \cdot 100\%}{d \cdot V_2}, \quad (\text{I})$$

где  $a$  – количество 0,1 н раствора  $\text{KMnO}_4$  (мл), израсходованного на титрование опытного раствора;  $b$  – то же для контрольного опыта;  $K$  – поправка на титр 0,1 н раствора марганцевокислого калия; 0,0064 – количество чайного танина (г), окисляемое 1 мл 0,1 н раствора  $\text{KMnO}_4$ ;  $V_1$  – объем водного экстракта из листьев чая (мл);  $V_2$  – количество водного экстракта (мл), взятое для титрования;  $d$  – навеска чая (г).

Объем, пошедший на титрование контроля и исследуемых образцов, был практически одинаков и полученный результат оказался не таким точным в связи с чем был рассмотрен еще один метод [5].



Рисунок 1. Образец до титрования



Рисунок 2. Образец после титрования

Пермякова М.А. использует объёмный метод анализа, во многом похожий на уже проделанную нами работы, но использующий реактивы в другой концентрации. Навеску образца массой 1 г заливали горячей дистиллированной воды объемом 50  $\text{cm}^3$ . Продолжительность экстракции составляла 5 мин. В колбу для титрования поместили 10 мл экстракта, добавили 10 мл дистиллированной воды, 6 капель индикатора индигокармина и титровали из бюретки 0,05 н  $\text{KMnO}_4$  до появления устойчивой желтой окраски (рис. 3 и 4). В работе измеряли объем раствора  $\text{KMnO}_4$  (мл), пошедший на титрование [6].

Так как 1 мл 0,05 н раствора перманганата калия окисляет 3,2 мг рутина, уравнение для определения содержания рутина в чае можно представить в следующем виде (формула (II)):

$$W(\text{рутин}) = \frac{3,2 \cdot V(p - pa \text{ } KMnO_4) \cdot V_K}{1000 \cdot m(\text{навески}) \cdot V_{\Pi}} \cdot 100\%, \quad (\text{II})$$

где  $V$  – количество 0,05 н раствора  $\text{KMnO}_4$  (мл), израсходованного на титрование опытного раствора;  $V_K$  – количество водного экстракта (мл), взятое для титрования (контроль);  $V_{\Pi}$  – объем водного экстракта

из листьев чая (мл) (проба),  $m$  – масса навески (г).



Рисунок 3. Образцы до титрования



Рисунок 4. Образцы после титрования

С целью получения достоверных результатов эксперимент проводили в двух параллелях, после чего рассчитывали среднее арифметическое значение массовой доли согласно уравнению. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание рутина в экстрактах разных видов чая

Метод анализа рутина	Содержание рутина в образцах, W, %			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
По Шапиро Д.К.	0,384	0,384	0,128	0,256
По Пермяковой М.А.	0,768	0,736	0,128	0,096
Среднее по двум методам	0,576	0,56	0,128	0,176

Исходя из результатов расчётов можно сделать вывод, что содержание Р-витаминных веществ в зелёном чае в 2 раза больше, чем в чёрном. Данный факт можно объяснить различием в методах получения, а также различием в условиях обработки и хранения чая различных сортов. Общеизвестно, что при получении зеленого чая листья предварительно фиксируются острым паром при высокой температуре (170-180°C), ферментация происходит не более 2 дней и прекращается принудительно. Листья чёрного чая ферментируют дольше – до месяца).

### Библиографический список

1. Афонина С. Н., Лебедева Е. Н., Сетко Н.П. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор) // Оренбургский медицинский вестник. 2017. № 4 (20). С. 17-33.
2. Михайлова С.А., Пьянкова Э.А., Заикина М.А. Повышение полезных свойств зеленого чая // ТППП АПК. 2016. № 3 (11). С. 56-61.
3. Шафигулин, Р. В. Качественное и количественное содержание катехинов в различных сортах чая / Р. В. Шафигулин, А. В. Буланова, К. Х. Ро // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т. 7, № 2. С. 349-352.

4. Определение комплекса катехинов в зеленом чае / Р. А. Горбунов, А.С. Степаничева, В.М. Клокова [и др.] // Молодежный инновационный вестник 2016. Т. 5, № 1. С. 500-501.
5. Шапиро Д. К. Практикум по биологической химии: учебное пособие/ «Вышайш. школа», 1972. 256 с.
6. Пермякова М.А. Количественное определение содержания витамина Р в различных сортах зеленого и черного чая / М.А. Пермякова // Молодежь и наука: сборник материалов X юбилейной всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014.

**УДК 628.35**

**Старостина И.В., к.т.н., доц.**

**Антифеева Е.С., ст. преп.**

*(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННОГО КИЗЕЛЬГУРА В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛА**

*Аннотация: В современных условиях наиболее остро стоит проблема очистки промышленных сточных вод от фенолов. В данной работе рассмотрена возможность использования отработанного кизельгура маслоз extrакционного завода после термообработки в качестве сорбционного материала для очистки модельных растворов от фенола.*

*Ключевые слова: сточные воды, фенол, сорбент, сорбция, защита водного бассейна.*

Фенолы являются одним из наиболее распространенных загрязнений, поступающих в поверхностные воды со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, сланцеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной промышленности, в результате лесосплава, а также со стоками гидролизной промышленности. [1]

Фенол весьма ядовит. Он поступает в организм через органы дыхания, кожу и слизистые оболочки, вызывая нарушение функций нервной системы. Пыль, пары и раствор фенола оказывают раздражающее действие на органы зрения, дыхания, пищеварения и кожные покровы. Поражает центральную нервную систему.

При хронических отравлениях - нарушение функций печени. Фенол является ядовитым веществом, которое вызывает кашель, аллергию,

астму, туберкулез, головную боль, упадок сил, пары фенола провоцируют онкологические заболевания. [2]

Фенолы относятся к веществам 4-го класса опасности. ПДК фенола в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. [3]

Превышение естественного фона по фенолу может служить указанием на загрязнение водоемов. В загрязненных фенолами природных водах содержание их может достигать десятков и даже сотен микрограммов в 1 литре.

Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа).

Содержание фенолов в водных объектах представлено на примере Белгородского водохранилища объемом 76 млн. м<sup>3</sup>, расположенного на реке Северский Донец (рис.1).

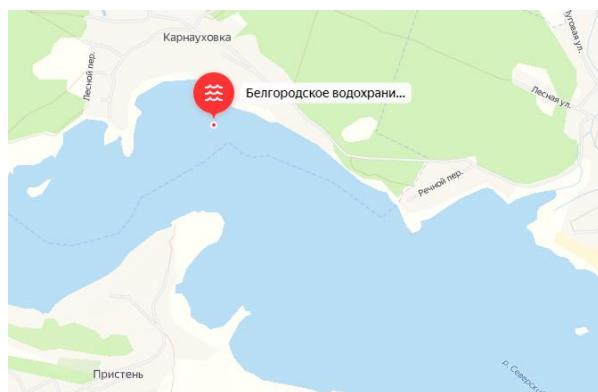


Рисунок 1. Местоположение Белгородского водохранилища на карте Белгородской области

На протяжении последних десятилетий вода в Белгородском водохранилище является очень загрязненной различными биологическими и химическими веществами (рис. 2).

При выборе метода обезвреживания фенолов в воде, прежде всего, следует установить химический и групповой состав загрязнений присутствующих в ней. Далее на основании требований,

предъявляемых к состоянию воды и ее объему, подбирают наиболее эффективный и дешевый метод очистки.

Методы глубокой очистки условно можно разделить на две группы: регенеративные и деструктивные.

Применение регенерационных методов для очистки сточных вод химических производств позволяет обезвреживать сточные воды и извлекать фенолы, с последующим их применением. Существуют следующие регенерационные методы извлечения фенолов – экстракционная очистка, перегонка, ректификация, адсорбция, ионообменная очистка, обратный осмос, ультрафильтрация, этерификация, полимеризация, поликонденсация, биологическая очистка и перевод фенолов в малорастворимые соединения.

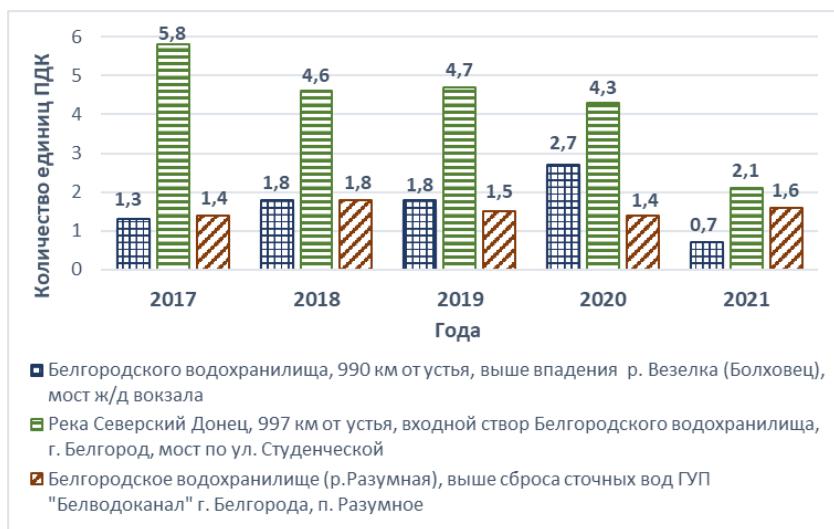


Рисунок 2. Содержание фенолов в воде Белгородского водохранилища с 2017 по 2021 гг. [4-8]

К основным деструктивным методам обезвреживания сточных вод от растворенного фенола относятся термоокислительные, окислительные методы, а также электрохимическое окисление и гидролиз. Деструктивные методы применяют в случае невозможности или экономической нецелесообразности извлечения примесей из сточных вод. Выбор деструктивного метода для обезвреживания сточных вод производится главным образом с учетом расхода сточных

вод, состава, количества фенола и требований к качеству очищенной воды и возможности ее повторного использования. [5]

В литературе широко рассматривается удаление фенола из сточных вод с помощью углеродных сорбентов, получаемых из разнообразного сырья. [6]

В данной работе в качестве углеродсодержащего сорбента представлен термически обработанный отход маслоэкстракционного завода.

В настоящее время отработанный кизельгуровый шлам (ОКШ) является отходом 4 класса опасности и утилизируется в соответствии с требованиями законодательства, путём его складирования на открытых хранилищах. Более 95% отработанного фильтр-порошка вывозится на свалки, ухудшая

В результате термической обработки ОКШ происходит окисление органических примесей с образованием сажеподобных частиц углерода на поверхности диатомита и формирование нового материала – термически модифицированного кизельгурового шлама (ТКШ).

В данной работе анализировали влияние температурной обработки ОКШ обработанной при температурах 450, 500 и 530 °C, с условным обозначением - ТКШ450, ТКШ500 и ТКШ530 соответственно, представлены на рисунке 3.

К модельному раствору содержащий фенол ( $C_{\text{нач.}} = 63,9 \text{ мг/дм}^3$ ) объемом 150 мл добавляли сорбенты: активированный уголь (АУ), ТКШ450, ТКШ500 и ТКШ530 массой 1 г, перемешивали в течение 24 час и фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента». В фильтратах определяли остаточное содержание фенола.

Эффективность очистки (%) определяли по формуле:

$$\eta = \frac{C_{\text{нач.}} - C_{\text{кон.}}}{C_{\text{нач.}}} * 100\%$$

где  $C_{\text{нач.}}$  – исходная концентрация фенола в модельном растворе,  $\text{мг/дм}^3$

$C_{\text{кон.}}$  – остаточная концентрация фенола в модельном растворе,  $\text{мг/дм}^3$

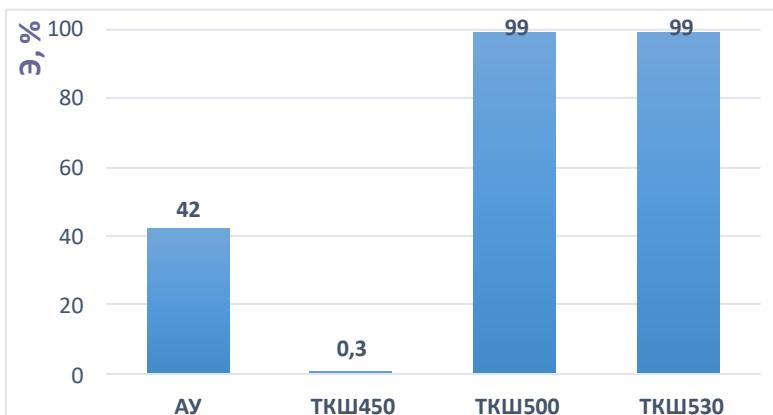


Рисунок 3. Эффективность очистки сточных вод от фенола ТКШ

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Филонова С.А. Мониторинг загрязнения окружающей среды фенолом // В сборнике: Актуальные проблемы использования почвенных ресурсов и пути оптимизации антропогенного воздействия на агроценозы: цифровизация, экологизация, основы органического земледелия. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Персиановский, 2022. С. 163-167.
2. Николаева Л.А., Айкенова Н.Е. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод от фенолов модифицированным карбонатным шламом // В сборнике: Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнологии. Сборник докладов Международной научно-технической конференции. 2020. С. 123-126.
3. Рассказова П.В. Анализ фенолов в природных водах // В сборнике: Сборник материалов VIII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева; Ответственный редактор О.В. Тайлаков. 2016. С. 280
4. Доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области «Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 2017». 2017. 240 с.

5. Доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области «Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 2018». 2018. 232 с.
6. Доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области «Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 2019». 2019. 217 с.
7. Доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области «Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 2020». 2020. 247 с.
8. Доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области «Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 2021». 2021. 233 с.
9. Фарберова Е. А., Виноградова А. В., Никирова О. А. Изучение процесса биорегенерации активных углей, насыщенных фенолом, после проведения сорбционной очистки сточных вод // Вода: химия и экология. 2012. №. 12. С. 89-94.
10. Пономарева И.Б., Плевако М.З. Углеродсодержащие сорбенты и методы их модификации // В сборнике: Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Материалы III Международной научной конференции. Под общей редакцией С.В. Беспаловой. 2018. С. 63-64.

**УДК : 577. 161. 2 : 543. 242. 3**

**Сухорукова М.В., студентка  
Марченкова Е.Н., студентка  
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент  
БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА С В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ**

*Аннотация: в работе проводили количественное определение витамина С методом йодометрии. Количественные химические методы определения аскорбиновой кислоты основаны на ее восстановительных свойствах. Зная концентрацию используемого раствора йодной настойки, можно определить концентрацию аскорбиновой кислоты в продуктах. На основании результатов опыта делается вывод о количественном содержании витамина С в продуктах. Полученные в пробах значения составили (мг/100 мл): шиповник – 61,6; лимон – 52,8; грейпфрут – 35,2; зеленое яблоко – 30,8; желтое яблоко 26,4; красное яблоко -21,1.*

*Ключевые слова: витамины, витамин С, строение витаминов, метод определения, анализ.*

Аскорбиновая кислота – органическое соединение, являющееся одним из наиболее значимых в живом организме (рис. 1) [1]. Витамин

С – водорастворимый витамин. В природных условиях встречается в трех формах: в виде аскорбиновой кислоты, дегидроаскорбиновой кислоты и аскорбигена (все три формы обладают витаминной активностью) [2].

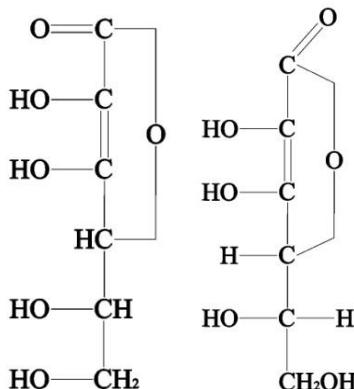


Рисунок 1. Аскорбиновая кислота: D-изомер (слева) и L-изомер (справа)

Аскорбиновая кислота по своему строению является производным углеводов. Существует четыре оптических изомера аскорбиновой кислоты, два из которых обладают биологической активностью и имеют L-конфигурацию [3].

Аскорбиновая кислота легко окисляется кислородом воздуха, пероксидом водорода и другими окислителями, легко подвергается разрушению под воздействием окислителей, повышенной температуры и солнечных лучей, щелочного гидролиза. Дигидроаскорбиновая кислота восстанавливается цистеином, глютатионом, сероводородом. Синтезируется из глюкозы или галактозы, в водном растворе имеет кислотные свойства вследствие диссоциации протона одного из енольных гидроксилов [3, 7].

Аскорбиновая кислота не синтезируется организмами человека, обезьяны и морской свиньи, тогда как другие животные и птицы способны к синтезу этого витамина [4]. Организм человека содержит около 50 мг аскорбиновой кислоты, которая распределена по тканям различных органов, систем и участвует в обменных, синтетических и других процессах, а также оказывает существенное влияние на реактивность организма, его защитные механизмы [5].

Аскорбиновая кислота повышает всасывание железа в желудочно-кишечном тракте и способствует превращению окиси железа в закисную форму. Витамин С стимулирует рост, улучшает

использование углеводов и нормализует обмен холестерина. Стимулирует деятельность эндокринных желез, улучшает функцию печени, повышает сопротивляемость организма инфекциям, интоксикациям химическими веществами, перегреванию, охлаждению, кислородному голоданию [3, 8].

Уже незначительный дефицит витамина С проявляется ощущением усталости, снижением аппетита, подверженностью простудным заболеваниям. Кровоточивость десен уже достаточно позднее проявление гиповитаминоза С. Глубокий дефицит витамина С приводит к заболеванию цингой (скорбутом). Главным симптомом цинги является нарушение проницаемости капилляров [4]. Средняя суточная доза витамина С – 70–100 мг. Физиологическая потребность для взрослых – 90 мг/сутки, для детей – от 30 до 90 мг/сутки в зависимости от возраста. Верхний допустимый уровень потребления в России – 2000 мг/сутки [5].

В летне-осенний период года источниками витамина С являются свежие овощи, ягоды и фрукты, содержащие в 100 г от 100 до 400 мг витамина С, в зимне-весенний период основными источниками являются картофель, свежая и квашеная капуста, содержание аскорбиновой кислоты в которых в 10 раз ниже (10–40 мг/100 г) [6]. В пищевых продуктах витамин С содержится в восстановленной (аскорбиновая кислота) и в окисленной формах (дегидроаскорбиновая кислота). Количественные химические методы определения аскорбиновой кислоты основаны на ее восстановительных свойствах [9].

При анализе чаще всего для количественного и качественного определения витамина С используют метод йодометрии, где индикатором служит крахмал [10]. В работе готовили 0,125% раствор йода. Концентрация йода в таком растворе составляет 0,005 моль/л. 1 мл полученного 0,125%-го раствора окисляет 0,88 мг аскорбиновой кислоты [11]. При титровании использовали 0,5% раствор крахмала.

Объектами исследования являлись: яблоко красное; яблоко желтое сорт «Антоновка»; яблоко зеленое сорт «Гренни Смит»; лимон; грейпфрут, шиповник растворимый порошкообразный «Бабушкин Хуторок» (рис. 2).



Рисунок 2. Исследуемые образцы: яблоки (красное, желтое «Антоновка», зеленое «Гренни Смит»); грейпфрут; шиповник растворимый порошкообразный, лимон

У фруктов очищали кожуру, натирали мякоть на тёрке, взвешивали на весах в количестве 25 г, а шиповника 5 г. Мякоть и шиповник переносили в колбу на 250 мл, заливали до метки дистиллированной водой. Фильтровали пробы, отбирали из каждой по 10 мл. Добавляли в фильтрат 2% раствор соляной кислоты и 2 мл раствора крахмала, затем перемешивали в течение 10–20 с. Титровали 0,125% раствором йода до появления устойчивого синего окрашивания. Определили содержание аскорбиновой кислоты [12]. Соляную кислоту добавляют для нейтрализации фермента аскорбиноксидазы, который способствует окислению аскорбиновой кислоты в присутствии соляной кислоты. Процесс определения витамина С (аскорбиновой кислоты) был проведен для всех представленных ранее образцов. Приготовили необходимые для опытов реактивы: титрант йода и раствор крахмала (рис. 3).



Рисунок 3. Титрант йода и 0,125% раствор крахмала

Подготовили растворы каждой из пробы для последующего фильтрования: растворы лимона и желтого яблока (рис. 4).



Рисунок 4. Слева направо растворы мякоти фруктов: лимона, желтого яблока, грейпфрута, красного яблока, зеленого яблока, порошкообразного шиповника

Проводят титрование до появления устойчивого синего окрашивания, не исчезающего в течение 30-40 с (рис. 5).



Рисунок 5. Фильтраты с добавленными реактивами (справа); образцы, прошедшие титрование раствором йода (слева)

Далее определяют объем раствора йода, пошедшего на титрование аскорбиновой кислоты по формуле:

$$V = V_{\text{нач}} - V_{\text{кон}},$$

где  $V_{\text{нач}}$  – объем титранта йода, начальный;  $V_{\text{кон}}$  – объем титранта йода после появления синего устойчивого окрашивания.

На основании полученного объема, пошедшего на титрование раствора, считают количество аскорбиновой кислоты в исследуемых пробах по формуле:

$$C = m_{\text{ак}} \cdot V_{\text{кон}},$$

где  $m_{\text{ак}}$  – это масса аскорбиновой кислоты, равная 0,88 мг;  $V_{\text{кон}}$  – объем титранта йода после появления синего устойчивого окрашивания.

Расчет содержания аскорбиновой кислоты в исследуемых пробах был произведен, зная, какое количество раствора окисляет витамин С.

При вычислении были получены данные, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание аскорбиновой кислоты в фруктах, полученное в результате эксперимента

Анализируемый продукт	Количество фильтрата, взятого для анализа, мл	Объем раствора йода, пошедшего на титрование, мл	Количество витамина С, мг/ 100 мл продукта
Шиповник порошкообразный растворимый	5	3,5	61,6
Лимон(проба свежевыжатого сока)	10	6	52,8
Грейпфрут (проба свежевыжатого сока)	10	4	35,2
Яблоко «Гренни Смит» (проба свежеприготовленного пюре)	10	3,5	30,8
Яблоко «Антоновка» (проба свежеприготовленного пюре)	10	3	26,4
Яблоко красное (проба свежеприготовленного пюре)	25	6	21,1

В ходе проведения исследования максимальное содержание витамина С было определено в шиповнике порошкообразном растворимом; его значение составило 61,6 мг на 100 мл раствора, а минимальное – в красном яблоке (21,1 мг на 100 мл). Высокое содержание аскорбиновой кислоты в лимоне подтверждает утверждение врачей, что лимоны являются источником данного витамина (52,8 мг на 100 г). Невысокое содержание витамина С в пюре свежих яблок (наивысшее – в пюре зеленого яблока: 30,8 мг на 100 г) может быть объяснено длительным сроком их хранения. При длительном сроке хранения яблок происходит естественное снижение концентрации витаминов вследствие их разрушения.

#### **Библиографический список**

1. Биохимия учебно-методический комплекс /Л.А. Беляева, О.В. Корытко. Гомель. 2008. С. 82-83.
2. Крохалева С.И., Шабанов Д.С. Количественное определение и анализ содержания витамина С в продуктах питания // Вестник ДВГСГА. Естественнонаучные знания. 2010. № 2(6). С. 65-66.
3. Тимиранова Б.А., Абдуллина Г. М. Витамин С: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // Вятский медицинский вестник. 2010. №4 С. 5-8.

4. Летвицкий П.Ф. Нарушение обмена витаминов //Непрерывное профессиональное образование. 2015. № 4. С. 40-47.
5. Бурт А.А., Чураков А.Н. Рекомендации по коррекции норм питания в соответствии с новшествами санитарного законодательства в сфере питания, введенными в 2021 году // Медицинский научно-исследовательский журнал. 2022. №10 С. 4-7.
6. Каталова Е.А., Пензина Т.Н. Источники витамина С // Барнаул: Алтайский ГМУ. 2018. Scientist № 1. С. 1-3.
7. Булавинцева О. А., Егорова И.Э. Витамины: учебно-методическое пособие/ ВПО ИГМУ Минздрава России. Иркутск: ИГМУ, 2014. С.18-19.
8. Кухта В.К., Морозкина Т. С.Биологическая химия / М: БИНОМ, 2008. с. 689-690.
9. Землянская В.А., Скребнева К.С. Количественное определение витамина С в продуктах питания методом йодометрии // Научный журнал молодых ученых. 2019. № 1. С. 14-15.
10. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: Изд-во стандартов, 2003. С. 11-12.
11. Москвичева К. В., Мальцева А. С. Определение содержания витаминов С и Е в различных продуктах на практике //Научные исследования. 2016. № 1 (2). С. 12-15.
12. Егорова А.Ю., Мажукина О.А. Химические основы биологических процессов (экспериментальные и теоретические задачи): учеб.-метод. пособие // Саратов. Изд-во Сарат. ун-та, 2013. С. 10-108.

**УДК 541.64**

**Хрипкова А.П. студент**  
**Василенко М.И. канд. биол. наук, доц.**  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## **МИКРОБНАЯ КОНТАМИНАЦИЯ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Аннотация:** В работе приведены результаты экспериментальных исследований по выявлению микробной обсемененности различных по назначению косметических средств, находящихся в использовании.

**Ключевые слова:** косметические средства, стандарты качества, микроорганизмы, показатель колоний образующих единиц (КОЕ).

Косметические средства являются важным компонентом нашей повседневной жизни. Мы используем их для ухода за кожей, волосами и ногтями, а также для улучшения внешнего вида и самочувствия. Но эти же средства будут иметь обратный эффект, если допустить их биоповреждение.

Биоповреждения могут происходить в любом месте, где есть жизнь, возникая в городах, лесах, полях, водных бассейнах и даже в космосе. Они могут быть вызваны различными факторами и происходить как естественным образом, так и в результате действия человека, часто приводя к заболеваниям, повреждению культурных растений, снижению качества продукции, уменьшению срока эксплуатации строительных материалов, уменьшению численности диких животных и растительности. Профилактика и борьба с биоповреждениями являются важными задачами в сельском хозяйстве, медицине, экологии и других областях [1,2].

Биоповреждение косметических средств – это процесс, при котором микроорганизмы, такие как бактерии, дрожжи и микроскопические грибы, разрушают химические соединения в составе средств, используя их как субстрат, что приводит к изменению химического состава, снижению качества и безопасности препаратов [3].

Высокий уровень влаги и колебание температур при хранении, а также наличие в косметических средствах компонентов, являющихся питательными веществами, таких как белок (шелковый, соевый), углеводы, растительные компоненты (алоэ вера, лаванда) органические кислоты, липиды, минералы и другие способствуют их порче. Изначально полезные для кожи вещества, могут терять свои характеристики, разрушаясь при воздействии микробов в условиях не соответствующих требованиям хранения и использования средств.

Опасными для здоровья человека являются и сами микроорганизмы, размножающиеся в косметических средствах: стафилококки, стрептококки, псевдомонады, кишечные бактерии, так как вызывают различные заболевания.

Известно, что бактерии рода *Pseudomonas* могут расти в косметических средствах, содержащих воду, это приводит к изменению цвета, запаха продукта, а также разрушению его консистенции. Микроорганизмами, которые не менее часто вызывают порчу косметических средств, являются грибы рода *Aspergillus*, интенсивно развивающиеся в препаратах, содержащих жирные кислоты. Развитие гриба приводит к изменению текстуры продукта и появлению запаха плесени [4].

Чтобы предотвратить подобные воздействия, производители часто добавляют в косметические средства консерванты, которые предотвращают рост и размножение микроорганизмов. Однако, некоторые из консервантов могут быть вредными для здоровья человека, поэтому выбирать их необходимо с осторожностью.

Потребители должны следить за сроками годности косметических средств и хранить их в соответствии с рекомендациями производителя [2].

Задачей научного исследования являлась оценка косметических средств на наличие в них микроорганизмов и идентификация микроорганизмов-деструкторов.

Объектами исследований являлись 6 видов используемых косметических средств различного назначения, состава и консистенции:

- антицеллюлитный гель riflamme shape-up anti-cellulite gel;
- гидролат для лица Green Tea Hydrolate;
- розовая вода лосьон косметический для лица.
- мист для тела Victorias Secret pure seduction flirt fragrance mist brume parfumee;

- крем для лица Vitamins LURE skin-care;
- средство для снятия макияжа с глаз Nivea двойной эффект;

Органолептический анализ средств проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31460-2012, ГОСТ 31696-2012, ГОСТ 31677-2012, ГОСТ 31695-2012, ГОСТ 31679-2012 [5-9].

К органолептическим показателям косметических товаров относятся внешний вид, цвет и запах изделий. Согласно полученным результатам, все анализируемые средства соответствовали требованиям стандартов.

Определение величины pH среды косметических продуктов является важным шагом при выявлении и контроле обсемененности. Это связано с тем, что многие микроорганизмы, такие как бактерии, дрожжи и плесени, могут расти и размножаться только в определенном диапазоне pH. Если pH среды косметического продукта находится в оптимальном для микроорганизмов диапазоне, то это может способствовать их росту и размножению, приводя впоследствии к биологическому загрязнению продукта и повреждению кожи или волос [10]. Результаты определения кислотности исследуемых суспензий представлены в таблице1.

Из данных таблицы следует, что pH большинства исследуемых средств соответствует требованиям ГОСТов, за исключением антицеллюлитного геля с более кислой средой (4,85 против 5,00) и розовой воды с более щелочным значением pH (8,66 против 8,50). В первом случае это могло способствовать проявлению антибактериальных свойств геля, характерных для кислых сред.

Таблица 1. Кислотность среды косметических средств.

Косметическое средство	Фактические значения pH	pH, ГОСТ	Соответствие, ГОСТ
Антицеллюлитный гель	4,85	5,0-9,0	не соответствует
Гидролат для лица	5,76	5,0-9,0	соответствует
Лосьон для лица	8,66	1,2-8,5	не соответствует
Розовая вода			
Мист для тела	5,50	4,0-8,0	соответствует
Крем для лица	5,24	5,0-9,0	соответствует
Средство для снятия макияжа	6,76	5,0-8,5	соответствует

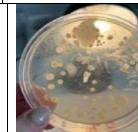
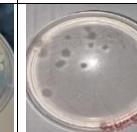
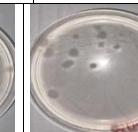
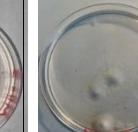
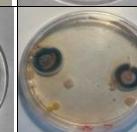
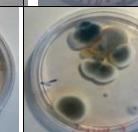
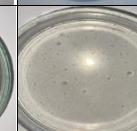
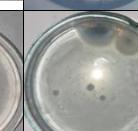
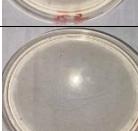
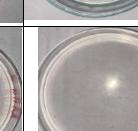
Для обнаружения обсемененности косметических средств подготовленные суспензии были высеваны на среды Мпа и Чапека. Эмульсии типа вода-масло готовились с использованием предварительно нагретого на водяной бане при 40-45°C в течение 20 мин 4%-ного раствора твина-80 в физиологическом растворе. Вещество твин-80 – это эмульгатор, с помощью которого были получены однородные жидкие суспензии, которые и высевали в количестве 0,2 мл на твердые питательные, после чего термостатировали при 30°C среды в течение 2-х недель [11]. Визуальная картина выросших микроорганизмов представлена в таблице 2.

Количество микробных клеток, которые являются жизнеспособными и способны размножаться путём деления в контролируемых условиях, оценивали путем подсчета колониобразующих единиц (КОЕ). Согласно требованиям, количество жизнеспособных аэробных микроорганизмов в косметических средствах, которые наносятся на кожу вокруг глаз, не должно превышать 100 КОЕ/мл, для всех остальных разновидностей косметики этот показатель не должен превышать 1000 КОЕ/мл. [10].

Как видно из представленных фотографий, можно утверждать отсутствие бактериальных и грибных культур в средстве для снятия макияжа. Незначительный рост культур отмечается в гидролате и мисте для тела, количество КОЕ составило 100 КОЕ/мл и 150 КОЕ/мл соответственно.

В пробах Розовой воды отмечается практически отсутствие бактерий, но при этом заметный рост микроскопических грибов, предположительно родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*.

Таблица 2. Развитие микроорганизмов на твердых питательных средах

Суспензия косметического средства	На среде МПА		На среде Чапека	
	1-я неделя	2-я неделя	1-я неделя	2-я неделя
Гель антицеллюлитный				
Гидролат				
Розовая вода				
Мист для тела				
Крем для лица				
Средство для снятия макияжа				

Наибольшее количество бактериальных клеток выявлено в антицеллюлитном геле (более 3500 КОЕ/мл). Это колонии двух видов, преимущественно среднего размера (2-4 мм) желтоватого и молочного цветов, круглой формы, край колонии ровный, поверхность гладкая и глянцевая, структура колонии однородная. На среде Чапека присутствуют несколько колоний гриба рода *Aspergillus*.

Для идентификации выросших бактериальных форм было проведено окрашивание по Граму для преобладающего количества колоний. Как видно из фотографий рисунка 2, все исследуемые образцы микроорганизмов оказались грамотрицательными (клетки не окрашивались). Следует подчеркнуть, что именно эта группа представляет особую опасность, так как грамотрицательные бактерии характеризуются высокой устойчивостью к различным дезинфицирующим веществам и антисептикам, способностью использовать в качестве субстрата для роста разнообразные соединения и могут являться причиной кожных и глазных заболеваний.[4].



Рисунок 1. Результаты окрашивания по Граму бактериальных культур

Таким образом, в результате оценки обсемененности косметических средств было выявлено наличие в них, преимущественно, плесневых грибов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, грамотрицательных бактерий двух-трех родов (*Bacillus*, *Pseudomonas*), изредка отмечалось присутствие колоний дрожжей, предположительно рода *Candida*. Подобные результаты лишь подчеркивают уязвимость широко используемых косметических средств к микробному воздействию, и необходимость проводить работы по созданию более биостойких средств, с учетом последующего их правильного использования и хранения.

#### **Библиографический список**

1. Герасименко А. А. Защита от коррозии старения и биоповреждений машин оборудования и сооружений, М.: Машиностроение, Т1, 1987. 688 с.
2. Ильичев В. Д. Биоповреждения, М.: Высшая школа, 1987. 338 с.
3. Пехташева Е. А. Биоповреждения и защита непродовольственных товаров: Учебник для студентов высших учебных заведений. / Под ред. А.Н.Неверова. – М.: Мастерство, 202 – 224с.
4. Пискункова Н. Ф, М. Н. Пименова. О загрязнении микроорганизмами косметических изделий. М: Наука, 1981. 56 с.

5. ГОСТ 31460-2012 Кремы косметические. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2019. 8 с.
6. ГОСТ 31696-2012 Продукция косметическая гигиеническая моющая. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2019. 6 с.
7. ГОСТ 31677-2012 Продукция парфюмерно-косметическая в аэрозольной упаковке. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2019. 20 с.
8. ГОСТ 31695-2012 Гели косметические. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2019. 8 с.
9. ГОСТ 31679-2012 Продукция косметическая жидккая. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2019. 8 с.
10. Вилламо Х. Косметическая химия: Пер. с фин. – М.: Мир, 1990
11. Методические указания. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы микробиологического контроля парфюмерно-косметической продукции. – Текст: электронный // <https://docs.cntd.ru/document/1200029647?ysclid=leo7qxg9e0888623617> (дата обращения 24.02.2023)

**УДК 628.54:667**

**Черныш И.В., аспирант  
Василенко Т.А., канд. техн. наук, доцент  
БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия**

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ (ОБЗОР)**

*Аннотация: загрязнение окружающей среды сточными водами является одной из наиболее острых экологических проблем в настоящее время. Для красильно-отделочных производств высокоперспективными являются способы очистки, позволяющие не только качественно очищать сточные воды, но и повторно их использовать в химико-технологических процессах.*

*Ключевые слова: Сточные воды, текстильная промышленность, красители, физическая очистка, биодеградация, адсорбция, мембранные очистки.*

Красители - это химические соединения, которые в настоящее время широко применяются в различных областях деятельности человека за счет способности придавать объектам цвет.

В настоящее время естественные красители полностью вытеснены синтетическими [1]. Основным преимуществом синтетических красителей - низкая стоимость, простота и удобство в обращении, разнообразие оттенков, возможность создавать широкий ассортимент красителей с нужными свойствами. Последнее особенно более важно, так как число материалов, которые окрашивают органическими красителями, непременно растёт [2].

При осуществлении технологического процесса производства с использованием пигментов образуются сточные воды, содержащие красители. В результате окружающая среда подвергается техногенному воздействию. Различные красители, присутствующие в воде, оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Следовательно, очистка сточных вод от красителей является актуальной проблемой.

Для удаления красителей из промышленных сточных вод используются различные *физические, химические и биологические методы* [3]. Данные методы могут применяться отдельно или совместно в различных комбинациях. К важнейшим методам относятся: ионный обмен, адсорбция, коагуляция, выпаривание. С экономической точки зрения наиболее целесообразным является адсорбционный метод. Наиболее известными сорбентами являются активированный уголь, синтетические ионообменники, полимерные материалы и др. Но учитывая их дороговизну, возникает необходимость поиска дешёвых природных минеральных сорбентов. В их числе значительное место занимают глинистые минералы.

*Физические методы.* Данные методы основаны на процессе разделения частиц по их размеру. При этом никаких существенных химических или биологических процессов не происходит. Примерами физической очистки сточных вод являются: адсорбция, мембранный фильтрация, ионный обмен [4].

*Адсорбционная очистка.* Адсорбция – это метод очистки сточных вод от растворенных примесей посредством специальных реагентов – сорбентов, которые извлекают загрязнения поверхностью. В технологии могут использоваться почти все твердые тела с мелкодисперсной структурой: торфяные материалы, болотная руда, мелкий кокс, древесная зола, опилки и другие материалы.

Эффективность процесса адсорбции определяется физико-химическими свойствами адсорбента и адсорбата. Кроме того, механизмы адсорбции можно разделить на физические и химические. При физической адсорбции загрязняющие вещества накапливаются на поверхности адсорбента в результате вышеуказанных взаимодействий. При химической адсорбции адсорбат химически связан с поверхностью адсорбента за счет электронного обмена [5].

Количество добавляемых адсорбентов зависит от исходной концентрации красителя в сточной воде. В качестве сорбционного материала используется сульфоуголь, который обеспечивает достаточную степень обесцвечивания и очистки воды, отличается

доступностью, безопасностью и низкой стоимостью по сравнению с активированным углем.

*Мембранный фильтрация.* Мембранное очищение стоков основано на использовании специальных полупроницаемых мембран, перегородок, отделяющих очищаемый раствор от фильтрата. Наиболее современными системами водоочистки, с точки зрения технологичности, являются установки на основе мембранных методов, таких как: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация и микрофильтрация. Тот или иной мембранный метод выбирается с учетом природы и концентрации загрязняющих веществ.

*Ионообменный метод.* Ионообменный метод – процесс обмена ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твёрдой фазы, – ионита. Сточные воды пропускают через ионообменную смолу, при этом удаляются как катионные, так и анионные красители. Данный метод не получил широкого распространения из-за стоимости ионообменных смол. [6].

*Химические методы.* К химическим методам очистки сточных вод относят такие процессы, как окисление, озонирование. Эти методы связаны с расходом различных реагентов и поэтому очень дороги. Данные методы очистки используют в замкнутых циклах производства.

Инновационные окислительные технологии способны обеспечить деградацию и минерализацию красителей в воде при действии на них гидроксильных радикалов, озона, кислорода, ферратов, пероксида водорода. Стандартный восстановительный потенциал самый высокий у гидроксильных радикалов, немного меньше он у озона. При очистке воды от красителей озон, кислород и пероксид водорода взаимодействуют непосредственно с загрязняющими органическими соединениями посредством образования гидроксильных радикалов. Также в водной среде гидроксильные радикалы и другие кислородные соединения могут образовываться в ходе ультрафиолетового облучения, плазменной или ультразвуковой обработки. Помимо разложения органических красителей, такие технологии являются достойной альтернативой или дополнением к методам обработки хлором или хлорсодержащими реагентами.

Очистка воды от красителей озонированием предполагает окисление и обезвреживание органических соединений растворенным в воде озоном. Превращение в воде озона в гидроксильные радикалы увеличивается в присутствии пероксида водорода, активированного углем, катализаторов, а также при совместном использовании озонирования воды и ультрафиолетового облучением или с

обработкой ультразвуком. Так для озонирования при наличии пероксида водорода концентрация озона и пероксида водорода подбирается экспериментально и зависит от загрязняющих красителей и их концентрации. Причем нежелателен избыток пероксида водорода, потому что он взаимодействует с гидроксильными радикалами. Очистка воды от красителей методом озонирования может проводиться с использованием обычной установки озонирования, требуется только дополнительная дозировка пероксида водорода.

Очистка воды от красителей озонированием совместно с ультрафиолетовым облучением происходит путем прямого озонирования, фотолиза и воздействия гидроксильными радикалами, которые образуются вследствие превращения озона под воздействием ультрафиолетового облучения с промежуточным образованием пероксида водорода. Процесс происходит с повышение температуры реакционной смеси, отчего уменьшается растворимость озона, поэтому необходима система охлаждения. Этот метод очень затратный, поэтому более выгодно проводить очистку воды от красителей озонированием с ультрафиолетовым облучением при наличии пероксида водорода [7].

Биологические методы очистки используют микроорганизмы, главным образом бактерии, для разложения органических веществ в сточных водах. Этот метод обработки относительно недорог. По сравнению с химическими и физическими методами обработки, биологические методы требуют меньше энергии и химических реагентов. Как правило, биологические методы обработки делят на аэробные (с участием кислорода) и анаэробные (бескислородные) [8].

Аэробная биологическая обработка может очистить воду с помощью аэробных бактерий в анаэробной среде. Аэробные микроорганизмы нуждаются в кислороде, поэтому воздух должен непрерывно циркулировать через резервуары.

Анаэробная обработка дешевле аэробной очистки. Анаэробная обработка помогает в обесцвечивании красителей, подготавливая их к дальнейшей аэробной обработке и деградации. При анаэробном разложении выделяется метен и сероводород [9].

Экономически эффективное удаление цвета сточных вод остается актуальной проблемой. Выбор способа удаления красителя зависит концентрации красителя, pH, солености и токсичности соединений, содержащихся в сточной воде. Большинство промышленных сточных вод, содержащих анионные и катионные красители, очищаются адсорбцией. Недорогие, доступные на местном уровне и эффективные материалы могут использоваться в качестве адсорбентов вместо

дорогостоящего коммерческого активированного угля для удаления красителей из водного раствора. Недорогие адсорбенты имеют ряд преимуществ для коммерческого использования в будущем.

Методы химической обработки, такие как усовершенствованные процессы окисления и коагуляции-флокуляции, эффективны при обработке широкого спектра водных растворов красителей, но удаление осадка все еще остается проблемой. Озонирование, фотокаталитические и сонокаталитические методы деградации все чаще используются в очистке сточных вод, поскольку они не увеличивают объем сточных вод и осадков, но образование токсичных побочных продуктов препятствует их широкому распространению. Использование бактерий и грибов не соответствует требованиям процессов очистки из-за их короткого срока службы и неустойчивого характера в присутствии токсичных текстильных стоков. Наиболее перспективным процессом является использование комбинированных методов удаления красителей из сточных вод благодаря высокому качеству очищенной воды. Таким образом, все методы обесцвечивания, описанные в данном обзоре, имеют свои преимущества и недостатки [10].

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Шеромова И.А. Текстильные материалы: получение, строение, свойства. - Легкая промышленность и бытовое обслуживание. 2006. с.5-55.
2. Венкатараман К. Химия синтетических красителей. Т.2 -Л. Хим. литература. 1957. с.1664.]
3. Исаев А.Б., Магомедова А.Г. Новые технологии очистки сточных вод от красителей на основе окислительных процессов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. Т. 63. № 4. С. 247–268.
4. Эффективность использования оборотных систем водопотребления на текстильных предприятиях. Текст научной статьи по специальности «Экологические биотехнологии» Нестерова Л.А. Сарыбеков Г.С
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: химия, 2012.-574с.
6. Физико-химические основы процессов очистки воды : учебное пособие / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, И. Н. Липунов, И. Г. Первова, В.С. Семенищев.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016.— 164 с.
7. Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л., Сердюк Н.И., Фетисов А.Г. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков // Учебное пособие для студентов высших учебных заведений,

обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов «Защита окружающей среды» и «Безопасность жизнедеятельности». – Москва, 2008. – 344 с.

8. Кольцов В.Б., Кольцова О.В. Очистные сооружения в 2 ч. Часть 2 // Учебник и практикум. – Москва, 2016. – 314 с.

9. Коршунова, Т.Ю. Микробиологические процессы на очистных сооружениях / Т.Ю. Коршунова, Н.Н. Силищев, О.Н. Логинов. – Уфа : Издательство «Реактив», 2005. – 62 с.

10. Первов А.Г. Современные высокоеффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация / Монография: – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 232 с.

**УДК 658.26**

**Чесняк А.В., студент**

**Палиенко Н.И., студент**

*(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*Аннотация: в данной статье рассматриваются проблемы, связанные с обеспечением экологической безопасности в сфере теплоснабжения. Отмечается, что существующие системы теплоснабжения нередко оказывают негативное влияние на окружающую среду и здоровье людей из-за выбросов загрязняющих веществ, высокого уровня энергопотребления и неэффективного использования ресурсов. Рассматриваются различные проблемы, такие как устаревшее оборудование, недостаток энергоэффективных технологий и организационных мер, а также отсутствие поддержки и мотивации для внедрения экологически чистых решений. В статье также предлагаются возможные пути решения этих проблем, включая модернизацию систем теплоснабжения, использование возобновляемых источников энергии, внедрение энергоэффективных технологий и повышение осведомленности об экологической значимости проблемы. Обсуждаются плюсы и минусы различных подходов, а также необходимость сотрудничества между государством, предприятиями и населением для достижения устойчивого и экологически безопасного теплоснабжения.*

*Ключевые слова: безопасность, энергия, экологические, окружающая среда, тепловая энергия*

Воздействие человека на окружающую среду увеличивается с каждым годом. Учитывая растущий спрос на энергию, воздействие

энергетической отрасли на окружающую среду также растет. Существует мнение, что экологические проблемы энергии могут стать необратимыми [1]. Тепловая энергия занимает особое место с точки зрения степени негативного воздействия на окружающую среду. При сгорании твердого или жидкого топлива дым выбрасывается в атмосферу, содержащую продукты полного сгорания (углекислый газ и водяной пар) и неполные (оксиды углерода, сера, азот, углеводороды и другие) [2].

Россия отличается высоким уровнем централизации теплоснабжения. За 115 лет развития российская система теплоснабжения стала крупнейшей в мире, обеспечивая более 40% централизованного производства тепловой энергии в мире [3]. При этом на территории страны работают небольшие муниципальные и промышленные котельные, которые, как правило, неэффективны. Если даже крупные централизованные производители тепла не всегда способны обеспечить достаточный уровень экологической безопасности, то соблюдение экологической политики становится большой проблемой для небольших компаний.

Производство тепловой энергии относится к вспомогательным секторам российской экономики. Принимая во внимание климатические особенности, связанные с расположением страны в основном в высоких и средних широтах, а также довольно суровые погодные условия [4], необходимы значительные расходы на тепловую энергию, в том числе на обеспечение средств к существованию граждан. Соответственно, повышение экологической безопасности теплоснабжения остается актуальной проблемой в России.

Российское законодательство меняется во многих областях, приспосабливаясь к растущим экологическим требованиям. В том числе в энергетическом секторе, в последние годы был принят ряд мер по повышению экологической безопасности.

Согласно Энергетической стратегии Российской Федерации, одним из приоритетов государственной политики страны является переход на экологически чистую и ресурсосберегающую энергию. Однако законодательство не определяет конкретных мер по систематическому и качественному улучшению охраны окружающей среды в области теплоснабжения.

Статья 42 Конституции РФ. Каждый имеет право на благоприятную среду, достоверную информацию о своем состоянии и компенсацию за ущерб, причиненный их здоровью или имуществу в результате экологического преступления.

Статья 58 Конституции РФ. Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, заботиться о природных ресурсах.

Конституция РФ определяет правовую основу государственной политики в области защиты окружающей среды, обеспечивая сбалансированное решение социально-экономических проблем, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепление верховенства закона в области охраны окружающей среды и безопасности окружающей среды.

Разработка систем теплоснабжения поселений и городских кварталов осуществляется для удовлетворения спроса на тепловую энергию, теплоноситель и обеспечения надежного теплоснабжения.

Можно сказать, что требования по охране окружающей среды во всех областях изначально закреплены в Конституции РФ. При этом в законодательстве в области теплоснабжения отдельно отмечается принцип обеспечения экологической безопасности теплоснабжения.

Важно отметить, что развитие системы теплоснабжения населенного пункта или городского квартала осуществляется на основе схемы теплоснабжения. Однако, несмотря на правовое требование обеспечить надежное теплоснабжение с минимальным вредным воздействием на окружающую среду, правовые акты, определяющие состав схемы теплоснабжения, не предусматривают подготовку разделов по оценке воздействия на окружающую среду в рамках схемы теплоснабжения и вспомогательных материалов для нее.

Предполагается, что решения, принятые в схеме, должны незамедлительно соответствовать принципу обеспечения экологической безопасности, но при отсутствии требований к содержанию раздела о минимизации воздействия на окружающую среду невозможно проследить динамику такого воздействия.

Министерство энергетики РФ в пределах своих полномочий при утверждении схем теплоснабжения населенных пунктов, городских районов с населением 500 тыс. человек и более, а также городов федерального значения отметило социальную напряженность, связанную с законным желанием потребителей тепловой энергии, в том числе населения, жить в благоприятной среде. В связи с этим министерство рассматривает возможность внесения изменений, соответствующих требованиям к схемам теплоснабжения.

Одним из положительных примеров подхода к решению экологических проблем теплотехники можно считать рассмотрение вопросов улучшения экологической обстановки в городе Красноярске,

реализованных по схеме теплоснабжения. Таким образом, во время первоначальной разработки, раздел (книга) «оценка воздействия на окружающую среду» был разработан как часть городской схемы теплоснабжения. После обновления на 2021 год с учетом продолжающейся важности этот раздел был полностью переработан, чтобы решить проблему оценки влияния мер, предусмотренных схемой теплоснабжения, на загрязнение воздуха в атмосфере [5]. Дисперсия вредных веществ в атмосфере рассчитывалась для существующего и проспективного состояния, и к 2033 году были рассчитаны два варианта проспективного состояния: с учетом реализации деятельности схемы и без их рассмотрения. Таким образом, выясняется, как меры, предусмотренные схемой теплоснабжения, могут повлиять на экологию города.

Принимая во внимание Красноярский опыт, использование этого подхода также возможно для других городских районов и поселений с неблагоприятными условиями окружающей среды, если будут внесены соответствующие изменения в законодательство, применение этой практики может стать обязательным для всех схем теплоснабжения.

Применение существующих рекомендаций Минэнерго РФ и опыта других городских районов и населенных пунктов, а также включение перспективных мер в схему теплоснабжения может способствовать повышению экологической безопасности в соответствии с установленными принципами, минимизации воздействия тепловой энергии на окружающую среду и обеспечению соблюдения конституционных обязательств по защите природы и окружающей среды.

### **Библиографический список**

1. Экологические проблемы электроэнергетики в условиях реализации концепции устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zelenstroy-biysk.ru/problemy/ekologicheskie-energetiki.html> (дата обращения: 02.07.2021).
2. Коробкин В.И. Экология: учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования/ Коробкин В.И., Передельский Л.В. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 601 с.
3. Стратегия развития теплоснабжения и когенерации в Российской Федерации до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=3140](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3140) (дата обращения: 02.07.2021).

4. Климат России – типы, общая характеристика и особенности распределения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauka.club/geografiya/klimat-rossii.html> (дата обращения: 02.07.2021).

5. Схема теплоснабжения города Красноярска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/building/teplo/Pages/default.aspx> (дата обращения: 02.07.2021).

**УДК 628.543.96**

**Чиненов Н.В., студент**

**Гончарова Е.Н., канд. биол. наук, доц.**

*(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)*

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ**

*Аннотация: проведен химический анализ основных показателей почвы. Определено содержание микроорганизмов в контрольном и загрязненном нефтью почвенных образцах. Идентифицированы микроорганизмы, устойчивые к загрязнению нефтью и способные ее окислять.*

*Ключевые слова: почва, микроорганизмы, нефть, биологически методы очистки.*

Почва – это рыхлый слой на поверхности литосферы сложного органоминерального состава, служит для земледельческой обработки. Почва – особое тело природы, так как в ее состав входят органические вещества, группа специфических органических и органоминеральных соединений – почвенный гумус. Помимо этого, важную часть почвы ее фазу составляют живые организмы: корневые системы растений, почвообитающие животные разных размеров, даже одноклеточных Protoza, разнообразные водоросли, грибы, большое разнообразие бактерий [1].

Состав почвы состоит из твердой, газообразной и живых частей. Твердая фаза почвы включает в себя минеральные и органические части. Почвенные минералы делятся на первичные, в которые входят – кварц, полевые шпаты, слюды, другие и вторичные глинистые, сформировались в ходе трансформации или вторичного синтеза растворов, такие как монтмориллонит, гидрослюды и др., а также биогенные – скелеты и раковины почвенных организмов [2].

Основными видами топлива, необходимого для развития промышленности являются продукты переработки нефти. Нефтедобывающая отрасль – одна из самых землеемких и

загрязняющих отраслей. По степени загрязнения этот вид промышленности является наиболее экологически опасным.

Нефть состоит из низко- и высокомолекулярных углеводородных и неуглеводородных компонентов. Нефть – это жидкий раствор, в котором состоит большое число углеводородов разного строения и высокомолекулярных асфальтеновых веществ.

Негативное влияние загрязнение нефтью почвы могут вызывать:

- Нарушение ландшафтов местности и исчезновения сельскохозяйственных земель;
- Сокращение биоразнообразия;
- Загрязнение воздушного бассейна вследствие испарения углеводородов вокруг нефтепромыслов;
- Загрязнение промышленной зоны нефтепромыслов сероводородом, меркаптанами, амиаком, сернистым ангидридом и другими токсичными веществами, вызывающими у людей серьезные заболевания;
- Повышение уровня подземных вод и, как следствие, образование маленьких засоленных озер;
- Изменение плотности, уменьшение прозрачности воды, гибель рыбы, водоплавающих птиц и маленьких животных [3].

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами является одной из основных. Извлечение нефти из недр, транспортировка и очистка, представляют собой технически сложные и опасные процессы, потому что после разработки месторождений сохранить естественные экологические условия чрезвычайно затруднительно. Постоянные разливы нефти остаются большой угрозой для здоровья людей и окружающей среды [4].

Загрязнение нефтью отличается от иных антропогенных воздействий тем, что оно дает не постоянную, а частую нагрузку на среду, вызывая быструю ответную реакцию, процесс самовосстановления среды, по мнению многих исследователей, идет более 10 или 15 лет.

Нефть является комплексным загрязнителем, воздействие которого на почвы и другие компоненты ландшафта определяется количеством, составом и свойствами как органических, так и неорганических соединений. Нефть в своем составе имеет признаки, указывающие на связь с гидротермальными минералообразующими растворами. К этому числу относятся тяжелые металлы и другие элементы: S, O, P, V, K, Na, Ni, Si, Ca, Fe, Mg, Al, Mn, Pb и др. В некоторых месторождениях нефть имеет повышенную минерализацию.

Почва считается загрязненной, если концентрации нефтепродуктов достигает величины, при которой возникают негативные экологические сдвиги, и они не могут справиться с загрязнением.

Будут ли растения выживать после загрязнения нефтью, будет зависеть только от глубины проникновения корней. Загрязнение нефтью разрушает структуру почвы, а также изменяет ее физико-химические свойства, уменьшается водопроницаемость, прибавляется соотношение углерода и азота, из-за этого происходит ухудшение азотного режима, а также ухудшение корневого питания растений [5].

Процесс очистки почвы от нефти и нефтепродуктов с помощью специальных микроорганизмов, которые используют нефть в качестве источника питания, относится к одному из видов биоремедиации. Этот метод является наиболее экологически чистым и эффективным, так как он позволяет полностью разложить нефтепродукты до безопасных компонентов. Однако, этот метод может занять длительное время и требует контроля и оптимизации условий для процесса биоремедиации.

Применяют также и физические методы, благодаря которым используя физические свойства нефтепродуктов для их удаления из почвы. Наиболее популярным методом является вакуумная экстракция, при которой на поверхности почвы создается разрежение, что позволяет вытягивать нефть и нефтепродукты из почвы. Этот метод является быстрым и эффективным, но может повредить корневую систему растений.

Кроме того, применяют химические методы, в которых используют химические реагенты для разложения нефтепродуктов. Наиболее часто используемым методом является окисление нефтепродуктов специальными реагентами, такими как пероксиды или озон, которые разлагают нефть на безопасные для окружающей среды компоненты. Этот метод может быть довольно быстрым и эффективным, но может также повредить корневую систему растений.

Выбор метода очистки почвы от нефти зависит от многих факторов, таких как тип почвы, степень загрязнения, наличие растительности и т.д. Поэтому, перед выбором метода, необходимо провести анализ всех факторов и выбрать подходящий метод очистки.

Изначально относительно слабое загрязнение почвы нефтью уменьшает количество микроорганизмов. Восстановление микробиоценоза почвы будет происходить достаточно долго. Компоненты нефти могут использоваться нефтеокисляющими микроорганизмами в качестве питания. Хотя постоянный рост микроорганизмов обедняет почву соединениями азота и фосфора и в

будущем может сыграть роль лимитирующего фактора. Кроме того, загрязнение почвы нефтью оказывает отрицательное влияние на человека через пищевые цепи.

Цель данной работы состояла в определении основных показателей качества почвы до и после загрязнения ее нефтью и выявления наиболее устойчивых микроорганизмов к загрязнению.

Экспериментальная часть. Влажность определяли высушиванием до постоянной массой. Определение гумуса проводили по методу Тюрина. Определение аммонийного и нитратного азота, рН, калия, магния и других проводили в соответствии с нормативными документами (табл.1). Результаты анализа почвы приведены в табл.1.

Таблица 1. Результаты почвенного анализа

Наименование НД	Определяемый показатель	Почва
ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08	Влажность, %	30
ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.30-02	Азот аммонийный, мг/кг	0,6
ГОСТ 26427-85	Калий, %	1,4
ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.67-10	Азот нитратный, мг/кг	0,8
ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.51-08	Азот нитритный, мг/кг	1,2
	Фосфаты, мг/кг	50,9
	Гумус, %	1,3
ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04	Класс опасности	IV

Как видно из результатов (табл. 1) показатели качества образца почвы не превышают известных нормативных показателей. Почва относится к выщелоченным черноземам.

Определение содержания микроорганизмов в почве проводили на мясопептонном агаре, среде Чапека и Сабуро.

После посева суспензии микроорганизмов чашки Петри с плотными питательными средами помещали в термостат при температуре 30-37 °С. Подсчет количества микроорганизмов производили на 3-и и 7-е сутки. Подсчитывали колонии микроорганизмов, выросшие на всех видах плотных питательных сред.

Внешний вид колоний микроорганизмов в чашках Петри с вышеупомянутыми питательными средами приведен на рис.1.

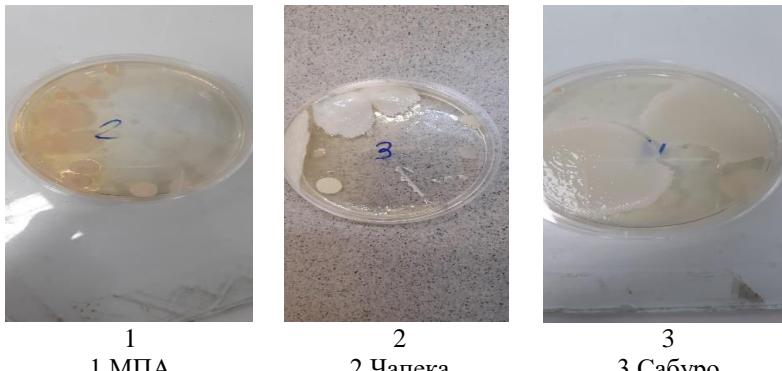


Рисунок 1. Чашки Петри с микроорганизмами на питательных средах:  
1 – МПА; 2 – Чапека; 3 – Сабуро

В табл. 2 приведено количественные показатели роста микроорганизмов на разных питательных средах.

Таблица 2. Содержание микроорганизмов в почве до и после загрязнения нефтью

Вид почвы	Содержание микроорганизмов в среде, кл/г		
	МПА	Чапека	Сабуро
контроль	$7*10^5$	$6*10^4$	$5*10^3$
После загрязнения нефтью	$7*10^7$	$6*10^6$	$5*10^6$

Как видно из результатов проведенных экспериментов (рис.1; табл.2) количество микроорганизмов в почве через две недели не уменьшается, а несколько увеличивается в 2 раза. Однако уменьшается разнообразие микроорганизмов, в почве без загрязнения было представлено 5-6 видов, после загрязнения нефтью 2-3 вида. Количественные показатели на среде Чапека изменились в меньшей степени, однако биоразнообразие также снизилось, на среде Сабуро незначительно увеличились количественные показатели и биоразнообразие. На питательных средах идентифицированы бактерии *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Bacillus*. *Pseudomonas* – грамотрицательные бактерии, способны использовать различные углеводороды. Бактерии рода *Rhodococcus* – это грамположительные бактерии, которые также могут использовать нефть и другие

углеводороды в качестве источника питания. Бактерии рода *Bacillus* – это грамположительные бактерии, весьма устойчивы к изменению различных экологических факторов, способны утилизировать углеводороды. Среди грибов обнаружены *Aspergillus*, *Penicillium*, дрожжевые грибы, которые могут использовать нефть и другие углеводороды в качестве источника питания.

Таким образом в результате загрязнения почвы нефтью в концентрации, удалось установить, что количество микроорганизмов в почве увеличивается, а снижается их биоразнообразие. Развиваются массово прежде всего те микроорганизмы, которые способны утилизировать нефть.

#### **Библиографический список**

1. Почвоведение. Учеб. Для ун-тов. В 2ч./Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч.1 Почва и почвообразование/Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. – М.: Высш. Шк., 1988-400с: ил
2. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв)/ Г.В. Добропольский, Е. Д. Никитин. – М.: Наука, 1990.- 261с.
3. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: Учебное пособие. – СПб.: Издательство “Лань”, 2009.- 432с.: ил
4. Жанбуршин Е.Т. «Проблемы загрязнения окружающей среды нефтегазовой отраслью Республики Казахстан» // Нефть и газ.-2005. –№ 2 — [стр. 84–92].
5. Середина В. П. Загрязнение почв: учебное пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 346с.

**УДК 631.535.5**

Чурикова Д.А. студентка-бакалавр  
Прибылов Д.А. студент-бакалавр  
Власенко Ю.В. студент магистратуры  
Шеховцева Л.В. студент магистратуры  
Маслова Е.В. канд. биол. наук, доц.  
(Национальный исследовательский университет  
Белгородский государственный университет,  
г. Белгород, Россия)

#### **ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ASTERACEAE**

**Аннотация:** Полынь беловойлочная (*Artemisia hololeuca*) относится к ценным исчезающим видам растений. В связи с этим целью нашей работы стало введение в культуру *in vitro* и получение стерильных проростков полыни беловойлочной для их дальнейшего размножения и культивирования. В ходе

эксперимента нами были выявлены наиболее эффективные режимы стерилизации. Максимальное соотношение количества стерильных эксплантов к числу жизнеспособных наблюдалось при стерилизации семян *A. hololeuca* раствором перекиси водорода при экспозиции 10 минут, раствором белизы при его действии в течение 20 минут и раствором Лизоформина 3000 в течение 10 минут.

**Ключевые слова:** *Artemisia hololeuca*, полынь беловойлочная, культура *in vitro*, стерилизация семян.

На сегодняшний день активно ведутся работы по разработке технологий культивирования *in vitro* редких и ценных видов растений, занесенных в Красную книгу РФ и региональные Красные книги.

К таким растениям можно отнести растения рода *Artemisia*. Виды рода полынь (*Artemisia*) давно используются как лекарственные, пищевые, пряно-ароматические, эфиромасличные и инсектицидные растения. Известно, что все виды полыни в надземной части содержат каротин, алкалоиды, эфирное масло, флавоноиды, кумарины; в корнях – следы алкалоидов. Содержание эфирного масла в зелёной массе достигает 0,1–0,4 % на сырую массу, или 0,25–0,8 % на абсолютно сухую массу. В эфирном масле обнаружены сабинен (до 65 %), мирцен (10 %), сесквитерпеновая фракция (5 %), *p*-метаоксиоричный альдегид (0,5 %) и смола (15 %), метилхавикол, оцимен, фелландрен. В настоящее время полыни привлекают внимание исследователей как каротинсодержащие растения[1].

Целью данной работы является введение в культуру *in vitro* полыни беловойлочной (*Artemisia hololeuca*).

Полынь беловойлочная (*Artemisia hololeuca Bieb. ex Bess.*)-стелющийся полукустарничек, занесен в Красную книгу России, статус – 2. Эндемик бассейна Дона и Северского Донца. В Черноземье растет на меловых обнажениях юго-восточной части Белгородской области и юге Воронежской области, а так же на западе Волгоградской и Ростовской областей [2].

В качестве растительных эксплантов для введения в культуру *in vitro* использовали семена растений *Artemisia hololeuca*, собранные в период массового плодоношения в селе Варваровка, Белгородской области. Стерилизацию проводили ступенчатым способом по общепринятым методикам [3], с использованием различных дезинфицирующих средств.

В качестве стерилизующих растворов использовали: биоцид, перекись водорода; белизна; лизоформин. Время экспозиции составляло 10, 15 и 20 минут. Растительные экспланты после

стерилизации помещали на безгормональную питательную среду Мурасиге и Скуга [4].

В результате проведенной работы в условиях *in vitro* были получены стерильные проростки *A. hololeuca*, а так же выявлены наиболее эффективные режимы стерилизации семян.

Оптимальными стерилизующими агентами для семян *A. hololeuca* являются раствор перекиси водорода при его действии в течение 10 минут, раствор белизны со временем экспозиции 20 минут. При этих режимах получено максимальное соотношение количества стерильных эксплантов (100%) к числу жизнеспособных эксплантов (62,5%). Так же можно проводить стерилизацию семян раствором биоцида в течении 10 минут и белизной в течение 15 и 20 минут (50% жизнеспособных эксплантов). Все остальные режимы стерилизации использовать не целесообразно, так как они дают маленькое количество жизнеспособных растительных эксплантов (меньше 50%) или губительно воздействуют на семена.

Таким образом, начальный этап исследования позволил ввести в культуру *in vitro* ценный исчезающий вид, занесённый в красную книгу Белгородской области. Целесообразно продолжить исследования и подобрать питательные среды для выращивания растений в условиях *in vitro*.

#### **Библиографический список**

1. Землянухина, О.А.; Калаев, В.Н.; Лепешкина, Л.А.; Карпченко, К.А.; Вепринцев, В.Н.; Серикова, В.И. Физиологические и биохимические характеристики некоторых видов артемизии в культуре Ботанического сада Воронежского государственного университета. Фундам. Исследование 2012, 5, 143–147.
2. Красная книга Российской Федерации (растения, грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
3. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and with tobacco tissue cultures /Physiologia Plantarum. – 1962. – №15. – 397-473 с.
4. Jankovský M., Landa T. Genus *Hyssopus* L. — recent knowledge // Hort. Sci. (Prague). 2002. Vol. 29, No. 3. P. 119–123.

Юрова В.С., студент

Кирюшина Н.Ю., канд. техн. наук, доц.

(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ СУСПЕНЗИИ ДРОЖЖЕЙ

*Аннотация:* Результатом данной работы является изучение влияния стерилизации с помощью сушильного шкафа и автоклава на рост и развитие культуры дрожжей на средах МПА (ГМФ) и Эндо.

*Ключевые слова:* стерилизация, дрожжи, сушильный шкаф, автоклав.

Асептика – это комплекс мероприятий, направленных на предотвращение попадания посторонних микроорганизмов и механических частиц в среду (объект), чистоту которой требуется сохранить, на всех этапах технологического процесса [1].

Методы создания асептических условий включают дезинфекцию, антисептику и стерилизацию. Каждый из материальных потоков в биотехнологических процессах – потенциальный источник микробов-контаминаントов.

Большинство биотехнологических процессов реализуется в асептических условиях, исключающих проникновение в среду выращивания биообъектов патогенных или сапрофитных токсинов.

Асептика может включать: влажную уборку помещений с обработкой УФ и антисептическими средствами, использование стерильных инструментов, использование стерильной технологической одежды, подачу стерильного воздуха в боксированные помещения, подачу стерильного воздуха в ферментер.

Существует механическая, физическая и химическая защита биообъектов. К механической защите относятся: удаление механических примесей (например, из воздуха культиваторов с помощью фильтров). К физической – обработка воздуха и поверхностей приборов ультрафиолетовыми лучами, кипячение, стерилизация, обработка ультразвуком. К химической – обработка поверхностей химическими антисептиками. В производстве источниками микробов – контаминаントов могут быть почва, вода, воздух, человек [2].

Стерилизация – это полное уничтожение всех форм живых микроорганизмов. Так, стерилизация изделий медицинского

назначения осуществляется физическими (паровой, воздушный, инфракрасный) или химическими (применение растворов химических средств, газовый, плазменный) методами, используя для этого соответствующие стерилизующие агенты и типы оборудования.

Стерилизация сухим жаром, или суховоздушная стерилизация в сушильном шкафу осуществляется в специальных аппаратах – сухожаровых шкафах-стерилизаторах. Стерилизация в сухожаровом шкафу происходит при помощи циркуляции внутри него горячего воздуха. Метод основан на бактерицидном действии нагретого до 165-180 °С воздуха. Данным методом стерилизуют стеклянную посуду: чашки Петри, пробирки, пипетки и др [3].

Стерилизация паром, под давлением в автоклаве – это один из наиболее эффективных методов стерилизации, который широко применяется в микробиологической практике. Работа с автоклавом требует точного выполнения специальной инструкции и соблюдения правил безопасности. [4].

В работе было проведено сравнение термических методов стерилизации. В качестве посевного материала была использована культура дрожжей ( $10^{-9}$ ), находящаяся в двух пробирках, одну из которых поместили на стерилизацию в сушильный шкаф при температуре 100 °С на 10 мин, а вторую – в автоклав при температуре 120 °С на 30 мин. По истечении определенного времени простерилизованные суспензии дрожжей были высажены на питательных средах МПА (ГМФ) и Эндо.

В результате посева после автоклавирования на среде Эндо выросло 56 КОЕ, а на среде МПА(ГМФ) – 28 КОЕ; после обработки в сушильном шкафу на среде Эндо выросло 193 КОЕ, а на среде МПА(ГМФ) – 269 КОЕ.

Провели подсчет микроорганизмов исходной суспензии дрожжей, а также суспензий после двух способов стерилизации. Для подсчета использовали камеру Горяева.

Число клеток в 1 мл исходной суспензии рассчитывают по формуле

$$M = \frac{A \cdot 1000}{HS} N,$$

где  $A$  – среднее число клеток в квадрате сетки;  $H$  – глубина камеры, мм;  $S$  – площадь квадрата сетки,  $\text{мм}^2$ ;  $N$  – разбавление исходной суспензии;  $1000 \text{ мм}^3 = 1 \text{ мл}$ ;

Площадь большого квадрата сетки равна  $1/25 \text{ мм}^2$ , а глубина камеры равна 0,1 мм [5].



а)



б)

Рисунок 1. Посев сусpenзии дрожжей после стерилизации: а) и б) – автоклавированием; в) и г) – в сухо-жировом шкафу (начало)



в)



г)

Рисунок 1. Посев сусpenзии дрожжей после стерилизации: а) и б) – автоклавированием; в) и г) – в сухо-жировом шкафу (окончание)

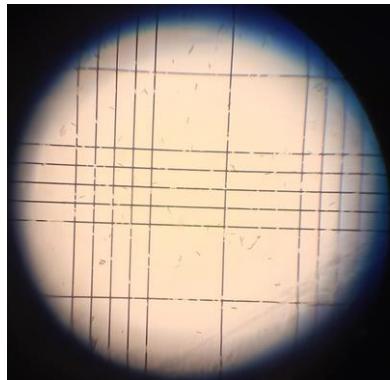


Рисунок 2. Исходная суспензия дрожжей в камере Горяева

$$M = \frac{5 \times 1000}{0,1 \times 1/400} \times 10^{-9} = 50^{-1} \text{ кл/мл}$$

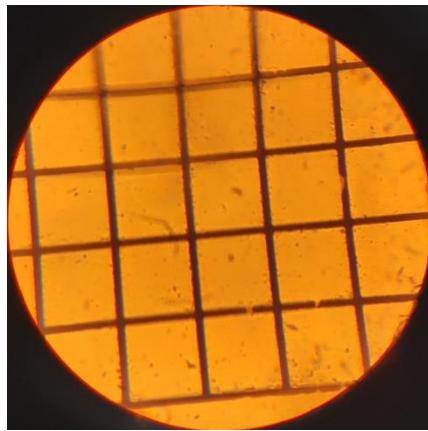


Рисунок 3. Подсчет дрожжей после автоклавирования

$$M = \frac{2 \times 1000}{0,1 \times 1/400} \times 10^{-9} = 5^{-3} \text{ кл/мл}$$

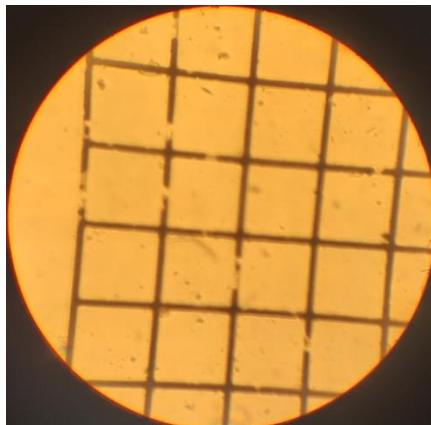


Рисунок 4. Подсчет дрожжей после обработки в сухожаровом шкафу

$$M = \frac{1 \times 1000}{0,1 \times 1/400} \times 10^{-9} = 250^{-1} \text{ кл/мл}$$

После термической стерилизации двумя способами, наиболее эффективным является стерилизация в автоклаве, однако для повышения эффективности методов стерилизации следует увеличить длительность обработки суспензии.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Матвеев В.Е. Основы асептики в технологии чистых микробиологических препаратов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 312 с.
2. Голуб В.А., Косиццов О.А. Асептика и антисептика: Учебное пособие. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2019. – 158 с.
3. Винник Ю. С., Кочетова Л. В., Карлова Е. А., Теплякова О. В. Асептика и антисептика. – Феникс, Издательские проекты – М.:, 2007. – 128 с.
4. Белобородов В.А., Павлов Л.Ю. Антисептика. Учебное пособие для студентов. – Иркутск: тип. Иркутского гос. мед. ун-та, 2011. – 38 с.
5. Иванченко О.Б. Санитария и гигиена отрасли: Метод. указания. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. – 61 с.

Лушников А.С., магистрант,  
Поленова М.Н., магистрант,  
Локтионова Е.В., аспирант,  
Мушенко Д.А., студент

Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Аннотация: В работе рассмотрены направления использования отходов и побочных продуктов масложировой отрасли.*

*Ключевые слова: отходы производства, побочная продукция, масложировая отрасль, шроты.*

Пищевая промышленность является одной из стратегических отраслей экономики, которая способствует обеспечению устойчивого снабжения населения всеми необходимыми и качественными продуктами питания. Однако производство пищевой промышленности негативно отражается на состоянии окружающей среды, а его сконцентрированность в больших населённых пунктах ухудшает условия проживания и здоровье населения [1].

Одной из подобных отраслей промышленности является масложировая.

Предприятия отрасли, перерабатывающие семена масличных культур, производят растительные масла и жировые продукты пищевого, технического и кормового назначения, в том числе и стратегического. В связи с этим, состояние масложировой отрасли определяет развитие не только отечественного агропромышленного комплекса, но и целого ряда других отраслей промышленности [2].

Основной сырьевой базой для производства растительных масел являются масличные семена, выращиваемые в России (подсолнечник, соя, рапс, арахис, горчица, лен, кунжут и др.), ресурсы которых определяют объем производства растительных масел и других видов продукции. При этом посевные площади под масличными культурами и их валовый сбор в последние годы стабильно растут [3].

По данным Росстата в 2021 году посевные площади под масличными культурами выросли на 15,3%

Если рассматривать динамику по конкретным культурам, то наибольший прирост площадей отмечается по масличному льну (лен-кудряш), подсолнечнику, рапсу, сое, горчице, рыхику.

Если совокупный объем производства масличных культур в РФ в 2021 году вырос на 16,3% и составил 24,7 млн тонн, то, соответственно, и объем производства масел, шротов, и прочих продуктов переработки масличных, также вырос [4].

В процессе производства масложировой продукции получаются многочисленные отходы и побочные продукты, общее количество которых достигает 7 млн. т.

Отходами масложировой промышленности являются: подсолнечная лузга и хлопковая шелуха; отработанные отбельные глины, фильтрующий порошок, отработанный катализатор, гудрон.

К побочной продукции масложировой промышленности относятся: жмыхи, шроты, фосфатидные концентраты, соапстоки, сырой глицерин.

Приоритетным направлением использования отходов и побочных продуктов масложировой отрасли является производство кормов.

Семена масличных культур в основном используют для промышленного производства масла. Кроме жира, в них содержится целый ряд ценных веществ: белки, углеводы, минеральные вещества, витамины, фосфор, серосодержащие соединения и др., которые и определяют ценность получаемых после извлечения масла остатков – жмыхов и шротов [4].

Жмыхи и шроты - это высокобелковые кормовые продукты, получаемые при переработке семян масличных растений. При отжиме масла на прессах получают жмыхи; при экстрагировании масла из семян органическими растворителями (бензином, дихлорэтаном) - шроты.

По классификации их относят к концентрированным протеиновым кормам.

Содержание сырого протеина в жмыхах и шротах достигает 30-50 %, где 95 % азота приходится на белковый азот [5].

В последние годы в связи с переходом на экстракционный способ извлечения жира из масличных семян увеличивается доля шротов и соответственно снижается доля жмыхов.

В связи с этим в кормовых продуктах содержание жира резко сокращается (до 0,6-1,55%), а клетчатки возрастает (до 13-18%), резко изменяется количество растворимых фракций протеина, являющегося показателем его качества [5].

В зависимости от вида исходного сырья различают шрот подсолнечный, рапсовый, соевый, арахисовый, кукурузный, хлопковый и другие.

При общей схожести составов шротов в них есть и различия, которые представлены в таблице 1 [6, 7].

Благодаря высокому содержанию белка и других питательных веществ представленные шроты нашли широкое применение в сельском хозяйстве в качестве самостоятельного корма, либо в качестве добавок к комбикормам [8].

Таблица 1. Сравнение некоторых видов шротов по составу на 1 кг сырого вещества

Показатель	Подсолнечный шрот	Рапсовый шрот	Соевый шрот
Сырой протеин, г	429	378	439
Сырая клетчатка, г	144	118	62
Крахмал, г	28	22	18
Сахара, г	52.6	42	95
Сырой жир, г	37	22	27
Кальций, г	3.6	6.6	2.7
Калий, г	8	14.5	19.5
Фосфор, г	12.2	9.8	6.6
Магний, г	5.1	5	3.5
Натрий, г	3.3	14	3.1
Железо, г	332	274	216
Медь, мг	24.1	6.1	16.7
Цинк, мг	40.8	50.2	41.6
Марганец, мг	48.5	62	37
Кобальт, мг	0.42	0.19	0.12
Йод, мг	0.66	0.67	0.49
Каротин, мг	3	-	0.2
Витамин В1, мг	7	2.2	5.4
Витамин В2, мг	3	3.4	3.8
Витамин В3, мг	13	8.3	14.5
Витамин В4, мг	2200	6700	2500
Витамин В5, мг	159.5	42.5	40
Витамин D, тыс. МЕ	5	2.5-	4.5
Витамин Е, мг	3	-	3

В настоящее время на территории России находится более 400 маслодобывающих предприятий, однако предприятий по переработке шротов недостаточно.

Большинство кормов и добавок к комбикормам до последнего времени импортировались из других стран.

Сейчас, в связи со сложившейся обстановкой в мире и введенными санкциями против нашей страны, остро стоит вопрос в АПК по разработке кормов и добавок к ним.

Разрабатывая и получая корма и добавки к ним из отходов масложирового производства, можно решить одновременно несколько задач, а именно: существенно снизить затраты на вывоз отходов производства, дополнительно получить выручку от продажи новой продукции и существенно улучшить экологическую обстановку [1].

Учитывая это, разработки новых технологий отходов масложирового производства являются актуальными и обладают существенным инновационным потенциалом.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.*

### **Библиографический список**

1. Клевакина В.В., Гаглоева А.Е. Перспективы использования отходов маслоз extrакционной промышленности / Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. – 2016. – С. 221-222.
2. Мхитарьянц Л.А. и др. Технология отрасли. Производство растительных масел. – учебник под общей ред. Е.П. Корненой – СПб.: ГИОРД, 2009. – 352 с.
3. Смычагин Е.О., Мустафаев С.К. Анализ состава отходов очистки масличных семян и способов их утилизации и переработки // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 120. – С. 651-663.
4. Белг. обл. масличные культуры /Рынок сельхозсырья / Рынок сельхозсырья и продовольствия России. Итоги за 2021 год и перспективы на 2022 год.
5. Пахомова, О.Н. Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания // Научно-практические исследования. - 2016. - Т.4, №2. - С. 25-29.
6. Койнова, А.Н. Масличные культуры // АгроФорум. - 2019. - Т.6, №4. - С. 52-55.
7. Бурлакова, Л.В. Углеводный состав жмыхов масличных культур // Масличные культуры. - 2010. - Т.5, №11. - С. 151 - 152.
8. Воронкова З.А., Асякина Л.К. Перспективность использования соевого шрота при производстве функциональных ингредиентов // Пищевые инновации и биотехнологии. – 2020. – С. 22-24.

Мушенко Д.А., студент,  
Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.  
(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОРБЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНЫХ ВОДНЫХ СРЕД  
ОТ БЕЛКА**

*Аннотация: В составе сточных вод мясной промышленности преобладает белок и другие органические соединения, которые требуют очистки. В работе исследован процесс сорбции белка из модельных растворов с начальной концентрацией 1 г/дм<sup>3</sup> в интервале значений pH среды от 3,17 до 8,91. Показано, что наиболее эффективным является использование в качестве сорбционных материалов активированного перлита и смеси перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15» при значении pH = 4,93, что составило 26,7% и 33,3%, соответственно.*

*Ключевые слова: белок, адсорбционный материал, мясоперерабатывающее предприятие, pH среды, эффективность очистки.*

В производственных процессах вода по праву может считаться универсальным веществом: она выступает в качестве теплоносителя и охладителя, выполняет функцию транспорта, применяется как реакционная среда и т.д. По этой причине любое промышленное предприятие ежегодно сбрасывает значительное количество сточных вод.

Исследования в области состояния водных ресурсов Российской Федерации показывают [1], что по расходу воды на единицу выпускаемой продукции пищевая промышленность занимает одно из первых мест среди отраслей народного хозяйства.

К наиболее водоемким относятся предприятия мясной промышленности, а также хлебопекарное, сахарное, молоко- и крахмалопаточное производство.

Предприятия мясной промышленности подразделяются на 3 составляющие: птицефабрики, мясокомбинаты и птицекомбинаты, мясоперерабатывающие заводы. Сточные воды образуются практически на каждой ступени технологического процесса, характеризуются как многокомпонентные, включающие белки, жиры, кровь, частицы мяса, соль, волосы и прочие. При производстве 1 т

мяса образуется от 10 до 15 м<sup>3</sup> сточных вод, а основная доля вредных веществ, образующихся при убое и переработке мяса и отравляющих природную среду, приходится на неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды. На объем образующихся сточных вод влияет мощность предприятия, техническое оборудование и размер заводской территории.

По характеру загрязнений производственные сточные воды мясоперерабатывающих предприятий делятся на следующие группы:

- жиро содержащие – из цехов убоя скота и разделки туш, кишечного, субпродуктивного, пищевых жиров, ливерно-паштетного и др.,

- не содержащие жир – из всех остальных цехов, в том числе из помещений содержания скота, в том числе незагрязненные (условно чистые) – от холодильных установок, котельных и теплообменных аппаратов; инфицированные – от карантина, санитарной бойни, изолятора с прилегающей к ним территорией [2].

Сточные воды мясоперерабатывающих производств содержат значительное количество нерастворимых веществ – осадок составляет от 2 до 4% общего объема сточных вод. При этом содержание взвешенных веществ составляет от 500 до 7500 мг/дм<sup>3</sup>, из них 90% – органического происхождения. Наиболее значимыми показателями, характеризующими загрязненность сточной воды, считаются: БПК и ХПК (биохимическое потребление кислорода и химическое потребление кислорода). Наличие в сточной воде белков, жиров, крови обуславливает высокие значения БПК (от 200 до 3000 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и ХПК (от 400 до 10000 мгО/дм<sup>3</sup>). Кислотность сточных вод, образующихся при переработке пищевых продуктов, варьируется в значительных пределах – с показателем pH среды от 3,5 до 11 [3].

Огромное влияние оказывают загрязнения сточных вод на популяции птиц, рыб и других животных, контактирующих с водоемом или обитающих в нем. Оседание взвешенных веществ на дне водоема может повлиять на жизненные процессы жизнедеятельности донных микроорганизмов, которые участвуют в самоочищении водоемов. В результате чего может происходить гниение донных осадков, которое только усугубит ситуацию загрязнения водоема сточной водой.

Так же существует проблема загрязнения стоками мясоперерабатывающей промышленности и почвенных покровов. Органические загрязнения изменяют общие характеристики почвы, влияя на химический и биологический баланс. Возможно и возникновение эрозии почвы, связанное с вымыванием компонентов

сточными водами. Стоки негативно влияют на жизненный цикл растений или вовсе могут вызывать их гибель. Возможно снижение плодородия почв, а, следовательно, и снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Сброс неочищенных стоков запрещен, поэтому перед производителями встает вопрос о выборе технологии очистки, которая позволит очистить стоки и достичь необходимых требований для сброса с минимальными затратами.

Для достижения высоких показателей очистки необходим индивидуальный подход в выборе технологии обработки стоков для каждого конкретного предприятия. А также для комплексного решения вопроса водоотведения и очистки сточных вод необходима организация процесса в несколько этапов [4].

Сточные воды мясной промышленности в основном загрязнены органическими веществами животного происхождения, в связи с чем, быстро загнивают и приобретают неприятный гнилостный запах. Их особенностью является наличие бактериального загрязнения.

Все методы, использующиеся для обезвреживания стоков мясоперерабатывающих производств можно разделить на: механические, химические, физико-химические и биохимические.

Механические методы основываются на принципе оседания частиц под действием гравитации. В ходе этого процесса очистки сначала осаждают крупные частицы, затем мелкие и в конце микроскопические нерастворенные в воде вещества. Основное оборудование: сите, нефтеловушки, песколовки, отстойники, шламоловушки. Данный метод в настоящее время находит широкое применение благодаря своей простоте и низкой стоимости осуществления.

Химические методы основываются на взаимодействии реагентов с загрязняющими веществами, находящимися в воде. Основные типы реакций: восстановление, нейтрализация, окисление. После этих реакций в загрязненной воде удаляются микроорганизмы путем хлорирования или озонирования.

Биологические методы очистки базируются на способности микроорганизмов использовать в качестве источника питания различные органические вещества, содержащиеся в сточных водах. Процесс окисления органики может быть различным по продолжительности и осуществляться в аэробных или анаэробных условиях. Окисление может происходить как в искусственных условиях, так и в естественных. В искусственных условиях процесс может протекать в биофильтрах и аэротенках, а в естественных на полях орошения или фильтрации, а также в биологических прудах.

Физико-химические процессы представлены целым рядом методов: коагуляция, флотация, сорбция, экстракция, ионный обмен, обратный осмос, термическая обработка и другие.

Одним из перспективных методов очистки сточных вод, в том числе пищевых производств, является сорбционная очистка. С экономической точки зрения данный метод характеризуется как малозатратный, так как в качестве сорбентов могут использоваться не только специально синтезируемые материалы, но и отходы промышленного или сельскохозяйственного производства [5].

В качестве сорбентов традиционно применяют активированный уголь [6] и сорбенты на основе природных глин [7-9].

Сорбционные процессы с использованием природных глинистых минералов идет за счет обмена катионов межслоевого пространства глины. Данный метод не требует высоких материальных затрат (стоимость монтмориллонита – от 3 руб./кг, каолинита – от 10 руб./кг, вермикулита – от 28 руб./кг) и прост в осуществлении.

Сорбционная очистка позволяет удалять из сточных вод не только белки, жиры, органические кислоты, но и антибиотики, которые широко применяются в сельском хозяйстве при выращивании крупного рогатого скота и птицы. Кроме того, сорбционный метод позволяет не только очищать сточные воды до норм ПДК, но и извлекать из них биологически ценные вещества – жир и белок.

В работе [10] в качестве сорбционных материалов для очистки стоков мясоперерабатывающих предприятий рассматривали использование синтетического материала – пенополиуретана (ППУ) и природных – цеолита, вермикулита и отхода растительного сырья – стержней початков кукурузы. Установлено, что цеолит и вермикулит по отношению к жиру не эффективны, но эффективны по отношению к белку. В то же время сорбент на основе пенополиуретана эффективен по отношению к жиру, однако не эффективен по отношению к белку. Сорбционная активность сорбента на основе стержней початков кукурузы по отношению к белку составила  $A = 84$  мг/г.

Известно использование в качестве сорбента полимерной четвертичной аммонийной соли поли- $N,N$ -диметил- $N,N$ -диалиламмоний хлорида, выпускаемой в промышленных масштабах под торговым названием полиэлектролит ВПК-402 [11]. Показано, что адсорбция белка происходит не только на внешней поверхности сорбционного материала, но и вмежпакетных промежутках. Максимальная эффективность очистки (70%) достигнута при соотношении раствор (см<sup>3</sup>) : сорбент (г) = 100 : 1.

В настоящей работе изучали использование в качестве сорбентов белка природных материалов и отходов различных производств, а также влияние значения кислотно-щелочного баланса на эффективность сорбционной очистки.

В исследованиях использовали модельную сточную воду – раствор бычьего сывороточного альбумина с концентрацией 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Начальную величину pH модельного стока меняли от 3,17 до 8,91 добавлением 0,1Н растворов HCl и NaOH. Адсорбцию белка проводили в статических условиях при температуре 20°C и соотношении компонентов: объем модельного раствора (мл) : масса адсорбента (г) = 100 : 1. Длительность контакта с адсорбентами – при перемешивании в течение 24 часов. Отработанный сорбционный материал отделяли фильтрованием через фильтр «синяя лента». Остаточное содержание белка в фильтратах определяли по методу Лоури с использованием фотоэлектроколориметра КФК-3 «ЗОМЗ» при длине волны 590 нм.

В качестве сорбентов использовали природные материалы – перлит, молотый кварцевый песок, активированный перлит, смесь перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15», а также техногенные минеральные материалы – промышленные отходы различных производств: шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) воздушного и гидравлического (фракция 0-5 мм, молотый) охлаждения, сталеплавильный шлак АО «Металлургическая компания» г. Выкса №1 молотый, отход абразивного завода – корунд, асбестоцементная стружка. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Эффективность сорбционной очистки модельного стока от белка при использовании различных сорбционных материалов

		Эффективность очистки, %				
Сорбционный материал		3,17	4,93	6,61	8,54	8,91
Шлак ОЭМК воздушного охлаждения		23,3	0	0	20	0
Шлак Выкса №1 молотый		0	13,3	16,6	16,6	10
Шлак ОЭМК гидравлического охлаждения, фр. 0-5 мм, молотый		0	0	0	6,7	0
Корунд		0	0	0	0	0
Асбестоцементная стружка		0	20	20	10	0
Перлит		13,3	20	10	3,3	13,3
Песок молотый		3,3	10	10	3,3	6,6

Активированный перлит	23,3	26,7	23,3	20	20
Смесь перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15»	30	33,3	30	26,7	20

В результате проведения эксперимента было выявлено, что наибольшей эффективностью очистки обладают активированный перлит (26,6%) и смесь перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15» (33,3%) при pH среды 4,93 ед.

Далее определяли влияние массы сорбционных материалов на эффективность извлечения белка из модельных растворов. Результаты представлены на рис. 1.

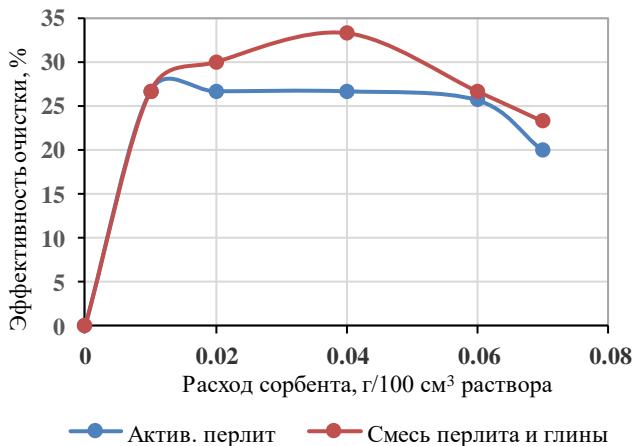


Рисунок 1. Зависимости эффективности очистки модельного раствора белка от массы сорбционных материалов: активированного перлита; смеси перлита и глины

Исходя из результатов, представленных на рис. 1, использование активированного перлита массой, г, - 0,01, 0,02, 0,04 и 0,06 обеспечивает одинаковую степень очистки. Поэтому для снижения экономических затрат выбираем наименьшее значение массы, то есть 0,01 г.

При использовании в качестве сорбционного материала смеси перлита и глины оптимальной массой является 0,04 г на 100 мл модельного раствора белка, что обеспечивает максимальную эффективность.

### Заключение

В ходе проведения исследований было выявлено, что максимальными значениями эффективности очистки обладают активированный перлит и смесь перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15». Среда с значением  $pH= 4,93$  оказала наиболее благоприятное влияние на сорбционную емкость обоих материалов. Эффективность очистки активным перлитом составила 26,7%, а смесью перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15» - 33,3%.

Оптимальные расходы сорбционных материалов, обеспечивающие максимальную эффективность очистки, составили – для активированного перлита – 0,01 г, а для смеси перлита и фильтрационной глины «Deco Mol F15» - 0,04г на 100  $cm^3$  модельного раствора белка.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### **Библиографический список**

1. Крамарева Т.Н. Оценка воздействия на окружающую среду предприятий пищевой промышленности: учебное пособие. - М.: Сам Полиграфист, 2015. - 118 с.
2. Пальгунов Н.В. Промышленные сточные воды. – М.: Стройиздат, 2000. – 415 с.
3. Батлук А.В. Основы экологии и охрана окружающей среды. – М.: Афиша, 2014. – 335 с.
4. Зуева С.Б. и др. Технологические схемы очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, №. 1. – С. 51-53.
5. Вертинский А.П. Современные методы очистки сточных вод // Инновации и инвестиции. - 2019. - №1. - С. 175 – 180.
6. Mansour F., Al-Hindi M., Yahfoufi R., Ayoub G.M., Ahmad M.N. The use of activated carbon for the removal of pharmaceuticals from aqueous solutions: a review. Reviews in Environmental Science and Biotechnology. – 2018. – Vol. 17. Pp. 109—145. doi: 10.1007/s11157-017-9456-8
7. Kormosh E.V., Alyab'eva T.M., Pogorelova A.G. Chemical and mineralogical aspects of the possibility of using clays of the Belgorod region in the development of sorbents for wastewater treatment. Fundamentalnye issledovaniya: technicheskie naiki. Fundamental research: technical Sciences. – 2011. - Vol. 8. – Pp. 131—135.
8. Pavlyuchenko Yu.A., Sokolova L.I., Shapkin N.P. Possibility investigation of using natural aluminosilicates to treat the waste water of factory fish from

antibiotics. Nasionalnaya assosiasia uchyenykh. National Association of Scientists. – 2015. - Vol. 2—2 (7). – Pp. 160—161.

9. Wu Q., Li Z, Hong H., Yin K., Tie L. Adsorption and intercalation of ciprofloxacin on montmorillonite // Applied Clay Science. - 2010. - Vol. 50. - Pp. 204—211. doi: 10.1016/j.clay.2010.08.001.

10. Боковикова Г.Н., Пирузян А.В., Марченко Л.А., Найденов Ю.В. Сравнительная оценка возможности применения различных сорбентов для очистки производственных сточных вод мясоперерабатывающих предприятий // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2009. - № 6. - С. 102-105.

11. Ананьева Л.Н., Никулин С.С., Гаршина С.И. Сорбционная очистка производственных вод мясоперерабатывающих предприятий// Известия вузов. Пищевая технология. - 2000. - № 4. - С. 113-115.

## УДК 628

Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.,

Лушников А.С., магистрант,

Лифинцев А.Н., аспирант,

Мушенко Д.А., студент,

Шевцова Р.Г., канд. хим. наук, проф.

(Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО ОТХОДА ДЛЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ БЕЛКА

*Аннотация:* В работе представлены результаты по использованию железосодержащего отхода – пыли газоочистки сталеплавильного производства исходной и модифицированной раствором серной кислоты в качестве сорбционного материала для извлечения белка из модельного стока с концентрацией 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Показано, что использование модифицированной пыли массой 0,25 г при pH = 2,0 обеспечило эффективность очистки 56,67%, что превышает в 4 раза эффективность использования исходной пыли ЭСПЦ. Ключевые слова: белок, железосодержащий отход, адсорбционный материал, модификация, pH среды, эффективность очистки.

Современные пищевые предприятия потребляют значительные объемы воды, 95 % которой удаляется из производственных цехов в виде сильно загрязненных промышленных стоков. Так, объемы сточных вод после обработки сырья в несколько раз превышают количество самого обрабатываемого сырья.

Наиболее крупный потребитель воды — мясокомбинат производство. Для действующих предприятий цеховые расходы

внутри этого производства распределяются следующим образом (%): убойно-разделочное отделение — 33,9, субпродуктовое — 17,6, кишечное — 17,3, шкуроконсервированное — 12,8, вытопка пищевых жиров — около 18 [1].

В результате контакта мясного сырья с водой происходит образование стоков, представляющих собой сложные полидисперсные системы из эмульгированных органических веществ, витаминов А, С, Д, В, В2 и ферментов, минеральных веществ (солей фосфора, калия, марганца и др.), коллоидных суспензий жира и белка. Сточные воды характеризуются высокими значениями цветности, мутности, значительной седиментационной устойчивостью, что обусловлено содержанием органических примесей — значения ХПК и БПК варьируются от 400 до 10000 мгО/дм<sup>3</sup> и от 200 до 3500 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, соответственно. Количество белка, например, в сточных водах рыбных предприятий, составляет 1,5-2 г/дм<sup>3</sup>. Кроме того, особенностью стоков мясо-, птице- и рыбоперерабатывающих предприятий является наличие бактериального загрязнения.

Все методы, использующиеся для обезвреживания стоков мясоперерабатывающих производств можно разделить на: механические, химические, физико-химические и биохимические. Этап механической очистки используется главным образом для удаления нерастворимых примесей. Основное оборудование: сита, решетки, нефтеворушки, песколовки, отстойники. Химические методы включают в себя процессы окисления, восстановления и нейтрализации.

В промышленности очистка сточных вод от белка проводится либо в биологических системах, что является длительным, сложным с технологической точки зрения и достаточно трудоемким процессом, либо добавлением коагулянтов и флокулянтов, что в настоящее время является также дорогостоящим. Это связано с тем, что коагулянты-реагенты получают чаще всего искусственным путем, а технология получения и доставки является трудоемкой и энергоемкой. Кроме того, большая часть коагулянтов-реагентов представлены зарубежными производителями и, учитывая санкционные условия российского рынка, стоимость традиционно использующихся образцов ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) увеличилась в десятки раз.

Существует способ очистки стоков от белка, включающий механическую очистку и электрохимическую коагуляцию в щелочной среде с использованием железных электродов, эффективность которого достигает 98,3% при длительности процесса около 1 часа [2].

В работе [3] рассматривается очистка белоксодержащих сточных вод пищевых предприятий смешением их с морской водой (концентрация 27 %) и последующей электрофлотацией с ОРТА-железными электродами в течение 90 мин. Показано, что в результате ХПК снижается на 84-93%.

Однако применяемые на водоочистных сооружениях технологии очистки многокомпонентных сточных вод мясо- и птицеперерабатывающих производств не позволяют сегодня получить очищенную воду, соответствующую нормам ПДК.

Кроме того, пищевые и мясо- рыбоперерабатывающие предприятия, располагающиеся вблизи крупных водных объектов, сбрасывают в них недоочищенные сточные воды или практически без очистки. Так, согласно литературным данным [4, 5] в заливы Японского моря ежегодно сбрасывается от 420 до 450 млн м<sup>3</sup> вод, содержащих 97 % загрязняющих веществ. В 2008 г. в Приморском крае находилось на учете 171 очистное сооружение с проектной производительностью 237,3 млн м<sup>3</sup>/год, с фактической нагрузкой 111,2 млн м<sup>3</sup>/год, в том числе очистных сооружений биологической очистки – 95 шт.; очистных сооружений механической очистки – 61 шт.; – очистных сооружений физико-химической очистки – 15 шт. Обеспечивали нормативную очистку сточных вод лишь 19 очистных сооружений с проектной производительностью 103,9 млн м<sup>3</sup>/год, фактической нагрузкой 45,3 млн м<sup>3</sup>/год.

Учитывая жесткие требования, предъявляемые Санэпиднадзором к очистке производственных сточных вод, а также их большой объем, наиболее простым и эффективным физико-химическим способом очистки является сорбционный метод.

Сорбционный метод позволяет не только очищать сточные воды до норм ПДК, но и извлекать из них биологически ценные вещества – жир и белок.

В работе [6] рассматривается возможность применения синтетического сорбента пенополиурета (ППУ), природных сорбентов – цеолита, вермикулита, а также фитосорбента из отходов растительного сырья – стержней початков кукурузы для очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий от жира и белка. Показано, что наибольшей сорбционной активностью по отношению к белку обладает образец сорбента на основе стержней початков кукурузы -  $A = 84 \text{ мг/г}$ .

Известно использование в качестве сорбционного материала для очистки от белковых загрязнений многокомпонентных сточных вод молочного производства термически модифицированного дефеката –

отхода производства сахара [7]. Показано, что эффективность очистки стоков с ХПК 290-300 мгО/дм<sup>3</sup> составила 85,3 %.

Для извлечения белка из водных сред активно рассматривается использование растительных сорбционных материалов. Так, в работе [8] показано использование измельченных стеблей подсолнечника в качестве сорбционного материала. Эффективность составила 52,94 % при pH среды 4,15 ед.

Поэтому разработка технологий очистки СВ с включением в технологический процесс стадии доочистки с использованием сорбционных материалов является актуальной задачей.

В данной работе в качестве сорбционного материала для извлечения белка из водных сред изучали железосодержащий отход сталеплавильного производства, далее - пыль ЭСПЦ, АО «Оскольский электрометаллургический комбинат» (АО ОЭМК), исходную и химически модифицированную. Химический состав и некоторые технологические свойства исходной пыли представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Химический состав пыли ЭСПЦ, мас.%

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	ZnO	MgO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO
55,3	13,4	11,4	6,47	5,52	5,31	3,86	2,0	0,7	0,27	0,12

Таблица 2. Некоторые технологические характеристики исходной пыли ЭСПЦ

Параметр	Величина
Влажность, мас.%	1,5 – 2,5
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	3640
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	940
pH водной вытяжки	11 – 11,6
Содержание частиц размером менее 0,08 мм, мас.%	51

Согласно результатам рентгенно-фазового анализа основные минералы, входящие в состав пыли ЭСПЦ: вестит (FeO), магнетит (FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), портландит (Ca(OH)<sub>2</sub>), кремнезем (SiO<sub>2</sub>), ферриты кальция (2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), силикаты железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>), ZnO, пиролозит (MnO) и др.

Химическую модификацию пыли ЭСПЦ проводили 1Н раствором серной кислоты при соотношении твердое (г) : раствор (мл) = 1 : 3. Суспензию перемешивали в течение 3 час, затем высушивали до

постоянной массы при температуре 105°C и измельчали до порошкообразного состояния.

Для исследований использовали модельный раствор сывороточного белкового альбумина в воде с концентрацией 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Начальную величину pH среды изменяли от 2,0 до 12 единиц. Для корректировки pH модельного стока использовали 0,1 н растворы HCl и NaOH. Сорбционную активность указанных сорбционных материалов определяли в статических условиях при температуре 20°C, масса адсорбентов составляла 0,1 и 0,25 г на 50 см<sup>3</sup> модельного раствора, длительность контакта с адсорбентами – при перемешивании в течение 60 мин. Отработанный сорбционный материал отделяли фильтрованием через фильтр «синяя лента». Остаточное содержание белка в фильтратах определяли по методу Лоури с использованием фотоэлектроколориметра КФК-3 «ЗОМЗ» при длине волны 590 нм.

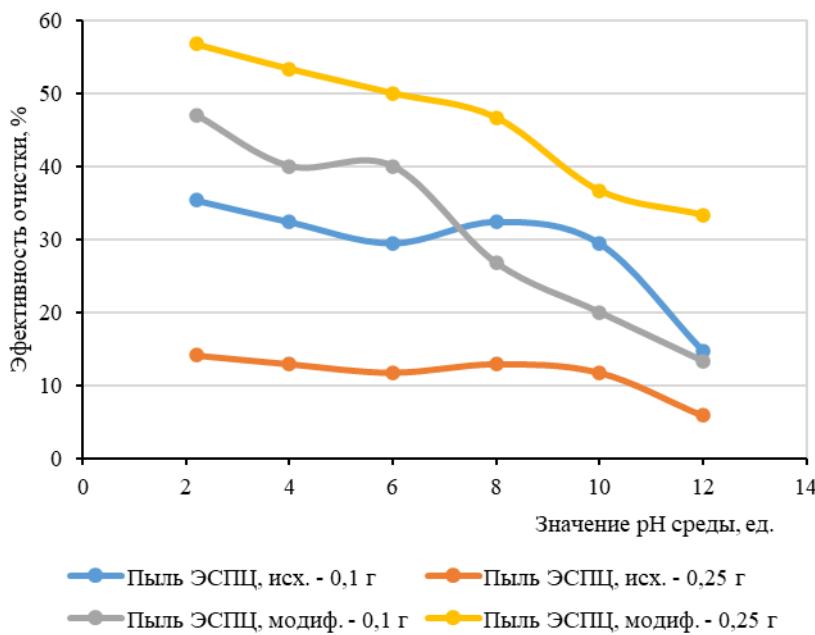


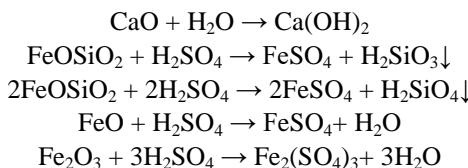
Рисунок 1. Зависимости эффективности извлечения белка из модельного стока от pH среды при использовании пыли ЭСПЦ исходной и модифицированной раствором серной кислоты

Результаты, представленные на рис. 1., показали, что максимальные значения эффективности очистки модельного стока от

белка получены в интервале pH среды до 6 ед. при использовании как исходной, так и модифицированной пыли ЭСПЦ.

Модифицирование пыли ЭСПЦ позволяет увеличить эффективность извлечения белка из водной среды по сравнению с использованием исходной пыли. При использовании реагента массой 0,25 г. Так, использование модифицированной пыли массой 0,25 г при pH = 2,0 обеспечило эффективность очистки 56,67%, что превышает в 4 раза эффективность использования исходной пыли ЭСПЦ.

Ранее проведенные исследования показали, что в результате кислотной модификации пыли ЭСПЦ происходит частичное выщелачивание компонентов по схеме:



Таким образом, продукт модификации пыли ЭСПЦ содержит сульфаты железа (II) и (III), которые относятся к группе коагулянтов. Поэтому при использовании модифицированной пыли ЭСПЦ для извлечения молекул белка происходит протекание сложных физико-химических процессов – коагуляции, флокуляции и сорбции. Что в совокупности и обеспечивает увеличение эффективности очистки.

### *Заключение*

Максимальные значения эффективности очистки модельного стока от белка с концентрацией 1000 мг/дм<sup>3</sup> получены при pH среды менее 6 ед. при использовании как исходной, так и модифицированной пыли ЭСПЦ.

Модифицирование пыли ЭСПЦ позволяет увеличить эффективность извлечения белка из водной среды по сравнению с использованием исходной пыли.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

### **Библиографический список**

1. Гарзанов А.Л., Лисицын А.Б., Горбунова Н.А., Ситникова О.И., Гиро Т.М. Наилучшие доступные технологии очистки сточных вод при убое животных и птицы на мясокомбинатах // Международная научно-практическая

конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова, 2016. - № 1. – С. 86-90.

2. Патент RU 2085506 C1 Способ очисти сточных вод от белка / Строкатова С.Ф., Юркьян О.В, Рахлин Ф.А. // Волгоградский государственный технический университет. Дата регистрации 23.06.1995 Дата публикации 27.07.1997.

3. Каткова С.А., Апанасенко О.А., Жамская Н.Н., Бянкина Л.С., Хальченко И.Г. Физико-химические методы очистки сточных вод // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2009. – Т. 21. – С. 21-25.

4. Жамская Н.Н., Машкова С.А., Бянкина Л.С., Шапкин Н.П. Изучение возможности применения модифицированных сорбентов для очистки сточных вод от белковых веществ // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2008. – Т. 20. – С. 37-40.

5. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. - 193 с.

6. Боковикова Т.Н., Пирузян А.В., Марченко Л.А., Найденов Ю.В. Сравнительная оценка возможности применения различных сорбентов для очистки производственных сточных вод мясоперерабатывающих предприятий // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2009. № 6. С. 102-105.

7. Свергузова Ж.А., Ельников Д.А., Свергузова С.В. О возможности использования отхода сахарной промышленности для очистки сточных во // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С.128-133.

8. Локтионова Е.В., Омелянова С.С., Лушников А.С., Сыса В.И. Применение отхода растениеводства в очистке сточных вод от белка // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: мат-лы Междунар. научной конф., Алушта - Белгород, 30 мая-03 июня 2022 г., - Белгород: Изд-во БГТУ, 2022. – 181-184.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Исхакова Р.Я., Ибатуллина Д.Э.</b>	
Обезвоживание и детоксикация избыточного активного ила биологических очистных станций промышленных предприятий...	3
<b>Аль-Мамури Саад Кхалил Шадид, Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Дудин А.Д.</b>	
Отходы производства вермикулита – ценный наполнитель для получения вяжущих композиций.....	6
<b>Артёменко Е. Е., Коваленко И. В.</b>	
Окрашивание цветов.....	10
<b>Барашков И.А., Шахова А.В.</b>	
Термические технологии, применяемые для переработки, обезвреживания и утилизации твердых коммунальных отходов...	16
<b>Бездетко Е.О., Василенко Т.А.</b>	
Изучение влияния молочной сыворотки в составе питательной среды на рост культур микроорганизмов.....	21
<b>Белых А.А., Василенко М.И.</b>	
Микробиологический контроль в условиях производства лекарственных средств.....	26
<b>Власенко Ю.В., Прибылов Д.А., Чурикова Д.А., Шеховцова Л.В., Маслова Е.В.</b>	
Культивирование <i>in vitro</i> растений представителя рода <i>Hyssopus</i> семейства <i>Lamiaceae</i> в условиях <i>in vitro</i> .....	29
<b>Гончарова Е.Н., Кучерова Ю.О.</b>	
Биологическая очистка пластовой воды.....	31
<b>Дышлюк Л.С., Ульрих Е.В., Казимиренко О.В., Агафонова С.В.</b>	
Перспективы использования растительного сырья для выделения микроорганизмов, продуцирующих ксиланолитические ферменты	35
<b>Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Дудин А.Д., Свиридов И.В.</b>	
Особенности процессов гидратации вяжущих композиций с использованием отходов вспученного перлитового песка.....	40
<b>Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Сумской Д.А., Свиридов И.В.</b>	
Эффективное использование отходов флотационного обогащения железных руд для сухих строительных смесей для напольных стяжек.....	45
<b>Золотухин В.С.</b>	
Перспективы использования растительного сырья для выделения микроорганизмов, продуцирующих ксиланолитические ферменты	50
<b>Каманина О. А., Яковский Д. С., Ланцова Е.А.</b>	
Утилизация анионных ПАВ дрожжевыми клетками <i>Arxula Adeninivorans</i> и <i>Debaromyces Hansenii</i> .....	53
<b>Клименко М.А., Малыхина А.И.</b>	

Разработка рецептуры мармелада с использованием пырея ползучего в качестве углеводной добавки.....	57
<b>Костырев Д.О. Жингалов С.А.</b>	
Энергосбережение за счет использования альтернативных источников энергии.....	61
<b>Курзенёв И.Р., Василенко Т.А.</b>	
Применение отходов производства в качестве компостов и удобрений (обзор).....	66
<b>Локтионова Е.В., Коробкина Е.В., Юровских З.Ю.</b>	
Роль биоплёнок в экобиотехнологии.....	70
<b>Локтионова Е.В., Омельянова С.С., Половнева Д.О.</b>	
Определение содержания протеина для аквакультур методом Кельдаля.....	73
<b>Лунёва А.А., Василенко Т.А.</b>	
Определение кислотности в растительных объектах.....	77
<b>Марченкова Е.Н., Старостина И.В.</b>	
Использование керамзитовой пыли для адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ионы никеля (II).....	82
<b>Марченкова Е.Н., Старостина И.В., Порожнюк Л.А.</b>	
Очистка сточных вод от ионов хрома (VI) методом восстановления.....	86
<b>Марченкова Е.Н., Сухорукова М.В., Василенко Т.А.</b>	
Определение провитамина а спектрофотометрическим методом..	91
<b>Маслова Е.В., Шеховцова Л.В., Власенко Ю.В., Прибылов Д.А., Чурикова Д.А.</b>	
Получение изолированной культуры ценных растений семейства <i>Lamiaceae</i> .....	97
<b>Мндузебеле Темахонхоси Сифесихле, Порожнюк Л.А.</b>	
Опыт рекультивации нарушенных земель в королевстве Эсватини.....	102
<b>Мыльцева О.И., Старостина И.В.</b>	
Оценка фунгицидных свойств кизельгурового шлама маслозэкстракционного производства.....	107
<b>Непоменко А.В.</b>	
Биохимические аспекты реакции дрожжей на стрессовые условия	112
<b>Новиков И.А., Луценко О.В.</b>	
К вопросу о «зеленых» биотехнологиях.....	117
<b>Палиенко Н. И., Чесняк А. В.</b>	
Глобальная энергетическая проблема: новые вызовы и угрозы, возможности их преодоления.....	120
<b>Пенкина В.А., Артюх С.В., Луценко О.В.</b>	
Контроль качества лекарственных препаратов.....	125

<b>Половнева Д.О., Василенко Т.А., Юнович Д.Д.</b>	
Характеристика активного ила из аэротенков при очистке стоков в производстве солода.....	128
<b>Порожнюк Л.А., Городничева А.С., Перова А.И.</b>	
Экстракция каротиноидов из плодов рябины обыкновенной .....	134
<b>Порожнюк Л.А., Еремина Е.Н., Шевель О.С.</b>	
Разработка способа регенерации шлама биологических прудов....	138
<b>Порожнюк Л.А., Перова А.И., Городничева А.С</b>	
Экстракция антоциановых пигментов из растительного сырья ....	142
<b>Прибылов Д.А., Власенко Ю.В., Чурикова Д.А., Шеховцева Л.В., Маслова Е.В.</b>	
Культивирование <i>in vitro</i> растений вида <i>Astragalus Albicaulis</i> .....	146
<b>Речкина В.И., Гаранкина В.А., Щербакова В.А.</b>	
Новая холодоустойчивая метанобразующая архея – перспективный агент для биоаугментации в процессах получения биогаза.....	149
<b>Свергузова С.В., Ярочкина А.В., Воронина Ю.С., Деревянкина Л.В.</b>	
Адсорбция ионов $Ni^{2+}$ биоматериалом рыбьей чешуи из водных сред.....	153
<b>Силкова Е.В., Василенко Т.А.</b>	
Определение содержания Р-витаминных веществ в чае.....	157
<b>Старостина И.В., Антиофеева Е.С.</b>	
Использование отработанного кизельгуря в очистке сточных вод от фенола.....	162
<b>Сухорукова М.В., Марченкова Е.Н., Василенко Т.А.</b>	
Определение витамина С в растительных объектах.....	167
<b>Хрипкова А.П., Василенко М.И.</b>	
Микробная контаминация косметических средств.....	173
<b>Черныш И.В., Василенко Т.А.</b>	
Очистка сточных вод от красителей (обзор) .....	179
<b>Чесняк А.В., Палиенко Н.И.</b>	
Проблемы обеспечения экологической безопасности теплоснабжения.....	184
<b>Чиненов Н.В., Гончарова Е.Н.</b>	
Биологические способы предотвращения загрязнения почвы нефтью .....	188
<b>Чурикова Д.А., Прибылов Д.А., Власенко Ю.В., Шеховцева Л.В., Маслова Е.В.</b>	
Введение в культуру <i>in vitro</i> представителей семейства <i>Asteraceae</i>	193
<b>Юрова В.С., Кирюшина Н.Ю.</b>	
Сравнительная характеристика термических методов стерилизации суспензии дрожжей.....	196

<b>Лушников А.С., Поленова М.Н., Локтионова Е.В., Мушенко Д.А., Старостина И.В.</b>	
Перспективы использования отходов масложировой промышленности.....	201
<b>Мушенко Д.А., Старостина И.В.</b>	
Сравнительная оценка эффективности использования различных сорбционных материалов для очистки модельных водных сред от белка.....	205
<b>Старостина И.В., Лушников А.С., Лифинцев А.Н., Мушенко Д.А., Шевцова Р.Г.</b>	
Использование железосодержащего отхода для сорбционной очистки водных сред от белка.....	212

