



UNIVERSUM: ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ

Научный журнал
Издается ежемесячно с ноября 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: химия и биология

Выпуск: 10(112)

Октябрь 2023

Часть 1

Москва
2023

УДК 54+57
ББК 24+28
U55

Главный редактор:

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Члены редакционной коллегии:

Аронбаев Сергей Дмитриевич, д-р хим. наук;

Безрядин Сергей Геннадьевич, канд. хим. наук;

Борисов Иван Михайлович, д-р хим. наук;

Гусев Николай Федорович, д-р биол. наук;

Даминова Шахло Шариповна, д-р хим. наук, проф;

Ердаков Лев Николаевич, д-р биол. наук;

Кван Ольга Вилориевна, канд. биол. наук;

Кадырова Гульчехра Хакимовна, д-р биол. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Козьминых Елена Николаевна, канд. хим. наук, д-р фарм. наук;

Кунавина Елена Александровна, канд. хим. наук;

Муковоз Пётр Петрович, канд. хим. наук;

Рублева Людмила Ивановна, канд. хим. наук;

Саттаров Венер Нуруллоевич, д-р биол. наук;

Сулеймен Ерлан Мэлсулы, канд. хим. наук, PhD;

Ткачева Татьяна Александровна, канд. хим. наук;

Харченко Виктория Евгеньевна, канд. биол. наук;

Яковлев Иван Геннадиевич, канд. хим. наук.

U55 Universum: химия и биология: научный журнал. – № 10(112). Часть 1.,
М., Изд. «МЦНО», 2023. – 68 с. – Электрон. версия печ. публ. –
<http://7universum.com/ru/nature/archive/category/10112>

ISSN : 2311-5459

DOI: 10.32743/UniChem.2023.112.10

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 24+28

© ООО «МЦНО», 2023 г.

Содержание	
Статьи на русском языке	5
Биологические науки	5
Общая биология	5
Ботаника	5
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И СТЕПЕНИ ОМОЛАЖИВАЮЩЕЙ И НОРМИРУЮЩЕЙ ОБРЕЗКИ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ	5
Юнусов Рустам Атаева Замира Алимовна Сатторова Махфуза Мухиддиновна	
Генетика	9
ЛЕВОРУКОСТЬ – КАК ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК	9
Халиков Пулат Хужамкулович Курбанов Абдубурхон Кузибаевич Даминов Акмал Охунжонович Исломова Шохиста Абдихалиловна	
Микология	12
ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ МАЗИ НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ МЕЛАНИНОВ <i>Cladosporium</i> sp. - НТ207	12
Абдильмянова Лилия Ильясовна Буриева Мухайе Рахмонбердиевна Гулямова Тошхон Гафуровна Мавланов Шухрат Равшанович	
Экология (по отраслям)	17
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (НРК) РАЗНЫХ ПРОПОРЦИЙ НА БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn	17
Абдуазимова Дилдора Шарифжон кизи Арипов Тахир Фатихович Гайибова Сабина Наримановна Гайибов Улугбек Гаппарджанович Махмудов Азизбек Валижонович	
ФОТООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДООЧИСТКА АКТИВНОГО КРАСИТЕЛЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ	22
Мирзалимова Сабина Алишеровна Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич Киршина Елена Юрьевна	
Физиология	33
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ	33
Мираметова Надира Пурханатдиновна Оразбаева Наубахар Мратбаевна	
Химические науки	38
Высокомолекулярные соединения	38
АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕДЬ-ПОЛИМЕРНО КОМПЛЕКСА	38
Инхонова Арофат Эштурсунов Даврон Абдусаматович Ботиров Суннатжон Муртазулов Муслимбек Бекчанов Давронбек Жумазарович	
Коллоидная химия	45
ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ	45
Нажимова Нурсульфу Базарбаевна Сейтназарова Оксана Муратбаевна Абдикамалова Азиза Бахтияровна	

ИЗОТЕРМА АДСОРБЦИИ ПАРОВ ВОДЫ НА ПОЛУЧЕННЫХ АДСОРБЕНТАХ	53
Жумаева Дилноза Жураевна	
Барноева Сайёра Бобомуродовна	
Ахророва Раъно Олим кизи	
Хошимов Шахром Мансуржон угли	
Халимова Ойгул Бозоркуловна	
ИЗОТЕРМА АДСОРБЦИИ ПАРОВ БЕНЗОЛА НА КРЕМНЕЗЕМНЫХ АДСОРБЕНТАХ	58
Жумаева Дилноза Жураевна	
Ахророва Раъно Олим кизи	
Барноева Сайёра Бобомуродовна	
Эшметов Иззат Дусимбатович	
Жумаева Гулнисо Юлчиевна	
СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОФОБНОГО КРЕМНЕЗЕМА	63
Сотиболдиев Бекзод Сулаймон угли	
Гулямов Баходир Бахтиёр угли	
Рахмонов Жахонгир Азизжон угли	
Каттаев Нуритдин Тураевич	
Боймирзаев Азамат Солиевич	
Акбаров Хамдам Икрамович,	

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

БОТАНИКА

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА И СТЕПЕНИ ОМОЛАЖИВАЮЩЕЙ И НОРМИРУЮЩЕЙ ОБРЕЗКИ
ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ**Юнусов Рустам**

проф. кафедры агрономии и почвоведения,
Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: evrikiy@list.ru

Атаева Замира Алимовна

преподаватель
кафедры агрономии и почвоведения,
Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Сатторова Махфуза Мухиддиновна

преподаватель,
Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: m.m.sattorova@buxdu.uz

INFLUENCE OF THE METHOD AND DEGREE OF REJUVENATING AND NORMATING
PRUNING OF APPLE TREES ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF FRUIT**Rustam Yunusov**

Professor
of the department of agronomy and soil science,
Bukhara State University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Zamira Atayeva

Lecturer
of the department of agronomy and soil science,
Bukhara State University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Maxfuza Sattorova

Teacher,
Bukhara State University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В данной статье приводятся данные о том, что в засоленных и средне- засоленных почвах Бухарской области Республики Узбекистан, где изучаются три районированных сорта яблонь, привитых на среднерослом подвое ММ-106, способы и степени омолаживающей и нормирующей обрезки деревьев с 3–4 летним циклом замещения отплодоносивших ветвей. Также изучено влияние способа и степени обрезки деревьев яблони на освещенность кроны, листовую поверхность, продуктивность и качество плодов.

ABSTRACT

This article provides data that in saline and moderately saline soils of the Bukhara region of the Republic of Uzbekistan, where three regionalized varieties of apple trees grafted on a medium-sized rootstock MM-106 are studied, methods and degrees of rejuvenating and normalizing pruning of trees with a 3–4 year cycle mixing of fruit-bearing branches. The influence of the method and degree of pruning apple trees on the lightness of the crown, leaf surface, productivity and quality of fruits was also studied.

Ключевые слова: засоленность почвы, интенсивные яблоневые сады, омолаживающая и нормирующая обрезка деревьев, урожайность, качество плодов.

Keywords: soil salinity, intensive apple orchards, rejuvenating and normalizing pruning of trees, productivity, fruit quality.

Введение. Плодоводство является одной из важных отраслей сельского хозяйства Узбекистана, где в основном возделываются сады интенсивного типа на разных подвоях. С целью дальнейшего увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе плодовых деревьев, необходимо расширить площади садов интенсивного типа, которые 1,5–2 раза дают больше урожая и приносят большие прибыли.

В последние годы в основном расширяются сады интенсивного типа на слаборослом и среднерослом подвоях. Необходимо ускорить изучение и внедрение садов интенсивного типа, где ежегодно получают высокие урожаи с хорошими вкусовыми качествами. Но к сожалению в интенсивных яблоневых садах мало изучены высокоурожайные сорта, густота посадки деревьев садов, высокопродуктивные подвои, которые способствовали увеличению урожайности за счет применения прогрессивных способов обрезки, омолаживающей и нормирующей обрезки. В интенсивных садах необходимо получать высокий урожай плодов яблонь, растущих 2–3 года на постоянном месте, т.е. в саду. В интенсивных садах Узбекистана началось успешное внедрение циклического способа и степени обрезки отплодоносивших ветвей яблони с 3–4-летним циклом замещения и с ответвлением – 12–16 плодов на обрастающих ветвях.

Методы проведения исследования. Цель опыта: основной целью проведения исследований является обеспечение высокого и последовательного повышения урожайности и качества плодов в интенсивных садах за счет применения наиболее эффективно нормирующей и омолаживающей обрезки отплодоносивших ветвей с 3–4 летним циклом замещения, а также изучения уровней снижения продуктивности отплодоносивших ветвей с целью дальнейшего получения высокого и стабильного урожая деревьев с хорошими вкусовыми качествами яблок.

Объект исследования. Исследования проведены в 2015–2022 гг. в интенсивных садах фермерского хозяйства «Амин Хаёт боги» Бухарской области

Бухарского района на трех районированных сортах яблони, привитые на среднерослом подвое ММ-106 – сортов Голден Делишес, Ренет Симеренко и Первенец Самарканда с разных биологических признаков. Схема посадки: 6–4 м, кроны сформированы по ярусную систему. Засоленные воды находится на глубине 2,5–2,7 метров. В период вегетации проводилось 4–5 поливов, с нормой 3200–3500 м³ на гектар.

В течение ряда лет изучали определение уровней омолаживающей и нормирующей обрезки отплодоносивших ветвей с 3–4 летним циклом. В контрольном варианте обрезки в садоводческих хозяйствах Бухарской области в основном проводятся санитарные обрезки, где в основном удаляются сухие, больные и загущающие кроны ветви. На фоне контрольного варианта, применяемого в производственных условиях, проводили способы и степени обрезки с 3–4 х летним циклом замещения и нормирующих отплодоносивших ветвей. В процессе омолаживания отплодоносивших ветвей яблони, необходимо оставить нужное количество плодовых почек на плодоносящих ветвях – 4-8, 8-12, 12-16 плодовых почек, в контрольном варианте ветви не укорачиваются. Во всех изучаемых вариантах опыта обрезки ветвей, они укорачиваются до высоты 3,0-3,2 м, этот показатель сохранялся на той же высоте дальнейшей обрезки.

Методика проведения опыта. Фитометрические показатели деревьев яблони, световой режим, продуктивность фотосинтеза, урожай и качественные показатели изучались по методике разработанной в Всесоюзном НИИ садоводства (1976) [1].

Распределение солнечного света по частям кроны ветвей измеряли люксметром Ю-16 в июне с 8⁰⁰ по 18⁰⁰. Продуктивность фотосинтеза определяли по методике А.С. Овсянникова (1965). Динамику формирования урожая изучали по методике сортоизучения (ВНИИС 1976) [2].

Результаты обсуждения. Наиболее необходимым условием повышения продуктивности плодовых деревьев является интенсивное использование солнечной радиации и увеличение листовой поверхности. Ростовой биомассы растительного организма, в том

числе полезной хозяйственной биомассой урожая, является продукт фотосинтеза. Все листья работают с разной производительностью и это зависит от того, как они расположены на ветке ствола дерева и как обеспечены солнечным светом, т.е. световой энергией, а значит соответственно будет меняться и продуктивность фотосинтеза. Эффективность деятельности листа и продуктивность фотосинтеза, зависят от расположения ветвей, величины листовой поверхности, строения, возраста [3, с. 7].

Наши исследования показали, что интенсивность фотосинтеза также определяется влиянием окружающей среды и внешних факторов. Они зависят от освещенности, температуры, концентрации воздуха, влажности и количества элементов минерального питания и засоленности почвы. Нельзя сказать, что продуктивность яблони можно повысить, доведя площадь листовой поверхности до оптимального уровня. Все листья могут быть плодородными в зависимости от того, где они расположены на ветке и в какой степени освещены и как распределены питательные вещества. Практические различия производительности работы на листовой поверхности очень велики [9, с. 6].

Проведенные исследования показали, что в период роста и развития пятнадцатилетних деревьев яблони площадь листовой поверхности достигала

приемлемого уровня, и этот показатель составлял от 20,0 м²/га до 24,0 м²/га в вариантах различных сортов яблони. Одним из основных показателей продуктивности яблони является распределение и освещенность солнечного излучения по всей кроне деревьев. От того, на сколько дерево освещено солнечными лучами, зависит прибавка плодов яблони, улучшение качества урожая, а также определяется активность фотосинтеза.

В результате исследований установлено, что за 3–4 года изучения у 3-х разных сортов яблони количество цветков в вариантах, оставленных для плодоношения без укорачивания на омоложение ветвей, составило у сорта Голден Делишес – 12,3%, у сорта Ренет Симиренко – 11,8%, а у сорта Первенец Самарканда составила 13,0%. На ветвях, укороченных с оставлением 4–8-ми, 8–12-ти, 12–16-ти плодовых почек, урожайность по сортам яблони составила: на 11,5–12,8% выше контрольного варианта. Следует отметить, что урожайность плодовых деревьев в саду зависит от способа и степени обрезки и расположения кроны ветвей на стволе деревьев. У плодоносящих деревьев яблони в зависимости от способа и степени омолаживающей обрезки улучшается состояние деревьев и уменьшается количество цветковых почек и в конечном счете увеличивается урожайность деревьев и заметно улучшаются вкусовые качества плодов [8], [5].

Таблица 1.

Влияние способа и степени обрезки на урожайность деревьев яблони

Способ омолаживающей обрезки на оставленной плодоносящей ветви	Количество плодовых образований на плодоносящей ветке	Урожайность, ц/га				
		2015	2016	2017	2018	В среднем
Сорт Голден Делишес						
Контроль 3-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	13,2	14,7	15,9	16,8	15,1
	4-8	15,9	17,5	19,3	20,5	18,3
	8-12	16,5	18,7	20,1	21,2	19,1
	12-16	14,7	15,9	16,4	17,5	17,4
Контроль 4-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	14,5	15,2	17,3	18,0	16,4
	4-8	15,0	15,9	18,5	19,2	17,1
	8-12	15,4	16,7	19,2	20,5	18,0
	12-16	13,9	14,2	15,8	16,8	15,2
Сорт Ренет Симиренко						
Контроль 3-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	12,3	3,2	14,1	5,0	8,4
	4-8	14,9	6,0	17,8	8,5	11,8
	8-12	15,3	7,2	18,5	9,0	11,7
	12-16	13,0	4,8	15,2	7,0	10,0
Контроль 4-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	13,2	4,6	16,0	7,4	10,3
	4-8	14,0	5,3	16,6	8,0	11,0
	8-12	14,6	6,5	17,2	8,6	11,7
	12-16	12,8	4,0	15,0	6,2	9,5
Первенец Самарканда						
Контроль 3-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	12,9	14,0	14,8	15,9	14,4
	4-8	15,0	15,5	17,8	18,5	16,7
	8-12	15,6	16,5	18,5	19,2	17,5
	12-16	13,6	15,0	15,8	16,5	15,2

Способ омолаживающей обрезки на оставленной плодоносящей ветви	Количество плодовых образований на плодоносящей ветке	Урожайность, ц/га				
		2015	2016	2017	2018	В среднем
Контроль 4-х летней циклической обрезки	Без укорачивания	14,2	15,0	16,2	17,2	15,6
	4-8	14,8	15,2	17,0	18,0	16,2
	8-12	13,3	16,0	18,0	18,8	16,9
	12-16	13,2	14,8	15,8	16,2	15,0
НСР ₀₉₅ Р, %		1,5	1,7	1,9	2,0	1,8
		3,0	3,2	3,6	4,0	4,2

В результате применения способов и степеней омолаживающей и нормирующей обрезки у плодовых деревьев, положительно влияющих на их рост и развитие, успешно осуществляются все физиологические процессы: обмен веществ, интенсивность и продуктивность фотосинтеза, процессы транспирации, в результате чего появляется возможность повысить урожайность и ее качество.

Если лишние ветки плодовых деревьев обрезать в молодости, они начнут давать урожай рано. Плодовые деревья будут плодоносить до определенного периода (зрелости), а затем, когда они достигнут определенной стадии роста и развития, они будут непрерывно плодоносить, порядок плодоношения нарушается. В период созревания вместе с образованием почек, плодоносящих в этот год, обеспечивается образование на ветви цветочных почек на следующий год. Периодичность плодоношения начинается у сортов яблони при большой нагрузке, оставшейся

на их ветвях, при снижении роста и развития. Плоды мельчают, ухудшается внешний вид и снижается качество.

Заключение. Из приведенных данных установлено, что применение способа и степени омолаживающей и нормирующей обрезки ветвей, в 3–4-летнем цикле оказало положительное влияние на показатели плодоношения деревьев. Таким образом, в годы исследований средняя урожайность отплодоносящих ветвей у сорта Голден Делишес при омолаживании ветвей по 3–4-летнему циклу с оставлением 4–16-ти почек, получена дополнительная урожайность 0,1–4,0 ц/га, у сорта Ренет Симиренко 0,9–3,5 ц/га, а у сорта Первенец Самарканда 0,6–3,1 ц/га по сравнению с контрольным вариантом. В целом, наилучшие результаты получены на вариантах, оставивших 8–16 почек на плодоносящих ветвях на фоне 3–4-летнего омоложения отплодоносящих ветвей.

Список литературы:

- Атаева Г.И., Атаева З.А. Современные методы контроля засоления сельскохозяйственных земель // Вестник науки и образования. – 2022. – №2-2 (122). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-kontrolya-zasoleniya-selskohozyaystvennyh-zemel> (дата обращения: 10.09.23).
- Гегечкори Б.Г., Кладь А.А. Формирование площади листовой поверхности яблони в зависимости от подвоя и площади питания // Садоводство и виноградарство. – 2002. – №1. – С. 8–9.
- Гонгорьева Л.В. Факторы повышения продуктивности яблоневых насаждений // Садоводство и виноградарство. – 2002. – № 4. – С. 3–5.
- Исламов С.Я. Совершенствование технологии выращивания саженцев из клоновых подвоев в центральной зоне Узбекистана : автореф. дисс. ... канд с.х. наук. Ташкент, 2009. – 20 с.
- Шляпина И.П., Соломахин А. Система ведения садоводства // Аграрная наука. – 2006. – №7. – С. 15–17.
- Babuk V.I., Yunusov R. Productivity and quality of apple fruits depending on tree pruning in intensive orchards. // Horticulture, viticulture and winemaking. – Moldova, 1985. – No. 2. – Pp. 18–20.
- Beimetov K., Khozhiev F., Nazirov P. Weak growing rootstocks. // J. Agriculture of Uzbekistan, 2004, No. 8, pp. 17-18.
- Islamov S.Ya. Improving the technology of growing seedlings from clonal rootstocks in the central zone of Uzbekistan. Abstract of Diss. for Candidate of Agricultural Sciences T., 2009. – 20 p.
- Kudryavets R.P. Apple tree cuttings. – Moscow: Agropromizd, 1984. – 144 p.
- Shidakov R.S., Shidakova A.S. Severe varieties of apple trees with natural small-gastritis crowns are an important factor in the intensification of horticulture // Horticulture and viticulture. – 2003. – No. 4. – Pp. 7–8.

ГЕНЕТИКА

DOI - 10.32743/UniChem.2023.112.10.16037

ЛЕВОРУКОСТЬ – КАК ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК**Халиков Пулат Хужамкулович**

д-р. биол. наук, проф.
кафедры гистологии и медицинской биологии
Ташкентской Медицинской Академии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Курбанов Абдубурхон Кузибаевич

канд. мед. наук, доц.
кафедры гистологии и медицинской биологии
Ташкентской Медицинской Академии
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Даминов Акмал Охунжонович

канд. мед. наук, доц.
кафедры гистологии и медицинской биологии
Ташкентской Медицинской Академии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Исломова Шохиста Абдихалиловна

ассистент
кафедры гистологии и медицинской биологии
Ташкентской Медицинской Академии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: lutsiya17111990@gmail.com

LEFT-HANDEDNESS – AS A GENETIC TRAIT**Pulat Khalikov**

Doctor of Biological Sciences, Professor of the
Department of Histology and Medical Biology
Tashkent Medical Academy
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Abdurbkhon Kurbanov

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
of the Department of Histology and Medical Biology
Tashkent Medical Academy,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Akmal Daminov

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
of the Department of Histology and Medical Biology
Tashkent Medical Academy,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shoxista Islomova

Assistant
of the Department of Histology and Medical Biology
Tashkent Medical Academy
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Всё человечество можно разделить на три основных социальных группы: праворукие (в приоритете использование правой части организма), леворукие (в приоритете использование левой части организма) и амбидекстеры (обе части используются в равной мере). Чем различна их генетическая природа и частота встречаемости? Данная тема актуальна и интересна, поэтому мы решили проанализировать некоторые генетические вопросы встречаемости леворуких, праворуких людей и амбидекстеров.

ABSTRACT

All of humanity can be divided into three main social groups: right-handed (priority use of the right part of the body), left-handed (priority use of the left part of the body) and ambidexters (both parts are used equally). What is the difference between their genetic nature and frequency of occurrence? This topic is relevant and interesting, so we decided to analyze some genetic issues of the occurrence of left-handed, right-handed people and ambidexters.

Ключевые слова: леворукость, амбидекстер, ген, доминантность, признак, гемизиготность.

Keywords: left-handedness, ambidexterity, gene, dominance, trait, hemizygotity.

К настоящему времени не существует единой теории, объясняющей причины преобладания праворукости или леворукости. Существует много теорий о том, что леворукость связана с качеством человека думать [2; 6].

Имеются следующие мнения по данному поводу:

1. Леворукость – это генетический признак.
2. Леворукость формируется до рождения.
3. Леворукость может быть приобретена в случае травмы.

4. На формирование леворукости может повлиять гормон тестостерон.

5. Есть учёные, которые объясняют левшей ходом эволюции.

В статье будут изложены данные о леворукости как признаке. Леворукость – это рецессивный признак [7]. Стало быть, он наследуется точно также, как и любой рецессивный признак. Так же наследуется? Так же, да не совсем. А что именно не совсем так? Рассмотрим этот вопрос.

Методы изучения леворукости. С помощью простого гибридологического метода генетики можно изучить наследование леворукости. Известно, что в популяции людей леворукость наблюдается от 5 % до 12 % всего количества людей [8]. По статистике на всём земном шаре 90 % – это правша, 9 % левши и только 1 % амбидекстеры. У леворуких родителей ребёнок – левша родится с вероятностью 46 %. А у родителей правшей лишь в 2 %. Если один из родителей левша, то левшами станут 17 % потомков. Среди населения планеты амбидекстеры встречаются в количестве 1 %. Кроме амбидекстеров есть амбисинистры, эти два понятия часто путают или ставят в один ряд как синонимы. Этого категорически нельзя допустить, так как они имеют практически противоположные определения. Амбисинистр – человек, который самостоятельно, путём тренировок научился писать, как правой рукой, так и левой. Но в любом случае, при любом раскладе, обе конечности не будут функционировать также хорошо, как у амбидекстера [8]:

Aa x Aa
 \ \ /
 A a A a
 AA, Aa, Aa, aa
 V \ /
 75% 25%

Почему среди людей левшей меньше 15 %, а по законам генетики должно быть 25 %? Данные несоответствия объясняются не генетическими факторами, влияющими на формирование и наследование леворукости. Факторы окружающей среды, эволюционные процессы, а также экспрессивности генов оказывают влияние на формирование леворукости. Ген леворукости как все существующие гены встречается в двух состояниях: доминантный и рецессивный. Доминантный ген обозначаем буквой «А», рецессивный ген малой буквой алфавита, в данном случае «а» известны как такие контрастные состояния признаков, называемые аллеломорфами или аллелями [5].

У человека с умением лучше владеть правой рукой имеется два генотипа с доминантным геном – гомозиготный AA и гетерозиготный Aa. Особи гомозиготные по рецессивному аллелю этого гена (т.е. с генотипом aa) являются левшами.

Aa x Aa
 \ \ /
 A a A a
 AA, Aa, Aa, aa
 V \ /
 75% 25%

Так же известно, что у леворуких родителей могут родиться дети правши. Случаи рождения праворуких детей у родителей-левшей почему-то очень даже нередки. Настолько нередки, что это выходит за рамки обычной погрешности и наводит тень на первый и второй законы Грегора Менделя. В чём дело? Почему в случае с леворукостью законы генетики не работают? А дело вот в чём. Генетические законы работают. Но причиной леворукости могут быть не только гены, но и факторы внешней среды. Почему леворукий хорошо владеет именно левой рукой? Это потому, что у него отлично развиты именно те центры в коре больших полушарий головного мозга, которые отвечают за движения левой руки. А вот центры, отвечающие за движения правой руки развиты хуже.

Возможно, не каждому известно: центры, управляющие левой рукой, находятся в правой половине коры головного мозга, а центры, управляющие правой рукой, наоборот, – в левой половине. Такая вот асимметрия.

Левые или правые центры будут лучше развиваться – за это действительно отвечают гены. И формируются эти самые центры у человека ещё тогда, когда он находится в утробе матери. А многие ли слышали про внутриутробные инфекции, например, некоторые из них могут задержать развитие какого-либо участка коры головного мозга, если именно там возникает воспаление.

А если такой мнимый левша, на самом деле имеющий гены праворукости, став взрослым, родит ребёнка от истинного левши? Родитель – мнимый левша отдаст своему потомку доминантный ген праворукости (А), а родитель – истинный левша – ген леворукости (а). Доминантный ген (А) подавит рецессивный ген (а), и – вот он, неожиданный результат: праворукий ребёнок у родителей-левшей. Видимо, этот факт связан с действием экспрессивного воздействия гена.

В идеальной популяции по теории Харди-Вайнберга частота встречаемости генотипов должна быть в равновесном состоянии. Уравнение Харди-Вайнберга представляет собой математическую модель, объясняющую, каким образом в генофонде популяции сохраняется генетическое равновесие [1; 7].

Правый класс (правши) включает в себя два генотипа АА и Аа, а второй – один – аа. Полученные данные переведем в доли от единицы. Теперь известны: частота рецессивных гомозигот $(1-q)^2$ аа сумма частот доминантных форм, т.е. q^2 АА + $2q(1-q)$ Аа.

Вычислим частоту рецессивного аллеля. Для этого нужно извлечь квадратный корень из частоты рецессивных гомозигот. Затем найдём частоту доминантного аллеля, отняв от единицы частоту рецессивного аллеля.

Остаётся последнее действие: подставив в формулу Харди-Вайнберга значения q и $1-q$, мы определили относительные частоты всех трёх фенотипических классов. При наследовании леворукости видимо связаны с экологическими факторами и воспитанием.

Учёные из Австралии, Великобритании, США и других стран проанализировали более 1,7 миллионов человек и обнаружили 41 генетических локусов, связанных с леворукостью и ещё 7 вариантов амбидекстрией. По данным литературы 30 лет назад приблизительно 8-15 % взрослого населения является левшами [4]. Сейчас в мире более 90 % людей-леворуких. И их количество постоянно увеличивается. Это видимо связано с экологическим фактором и воспитанием [4].

Точного научного объяснения касательно того, как появляются левши, до сих пор нет. Обобщая материалы статьи, можно сделать вывод, что каждый человек будь то правша, левша или амбидекстер, по своему уникален. Сравнить их трудно, так как разные учёные придерживаются разных точек зрения и единого мнения нет. Кто-то считает леворукость отклонением, кто-то нормой, для одних амбидекстеры – загадка природы, для других – простые люди. Находятся даже такие учёные, которые уверены в том, что именно праворукость и является неким отклонением от нормы. Поэтому, основываясь на этих данных, невозможно сделать окончательного вывода, опираясь на сравнительный анализ мыслительных процессов леворуких, праворуких и амбидекстеров.

Список литературы:

1. Адильбекова Б.А. Инновационное развитие науки: фундаментальные и прикладные проблемы. Петрозаводск: Изд-во: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2023.
2. Актуальные вопросы современной науки и образования / Междунар. научно-практ. конф. Россия, 25.12.2020: сб. ст. Махачкала: Директ-Медиа, 2023. – 601 с.
3. Бодален Е.Н. Психология о личности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 188 с.
4. Леднев В.А., Шигакова Л.А. Актуальные вопросы медицинской генетики XXI века // PEDAGOGS Jurnalі. – 23(1). – 2022.
5. Халиков П.Х. Курбанов А.К., Даминов А.О. Медицинская биология и генетика. – Ташкент, 2022.
6. Халиков П.Х. Цитогенетические и цитоморфологические методы изучения действия пестицидов: дисс. ... д-ра биол. наук. – Ташкент, 1994.
7. Шигакова Л.А., Иванова Л.Е. Актуальные вопросы медицинской генетики XXI века // Pedagog. Vol. 23. Is.1. December, 2022. – Pp. 159-162.
8. Юлдашева Ф.У., Тошматова Г.А., Шигакова Л.А. Оказание медико-социальной помощи населению. Глава 14. // Современная наука: актуальные вопросы социально-экономического развития. Монография. – Пенза: МЦНС «НАУКА и просвещение», 2023.

МИКОЛОГИЯ

DOI - 10.32743/UniChem.2023.112.10.16021

**ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ МАЗИ НА ОСНОВЕ
ЭНДОФИТНЫХ МЕЛАНИНОВ *Cladosporium sp.* - HT207****Абдульмянова Лилия Ильясовна**

д-р биол. наук, доцент, вед. научн. сотр.
Института микробиологии Академии Наук РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: a_l_i_2020@mail.ru

Буриева Мухайе Рахмонбердиевна

базовый докторант 2 курса, мл. научн. сотр.
Института микробиологии Академии Наук РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: rahmatulaevaela@gmail.com

Гулямова Тоихон Гафуровна

профессор, д-р биол. наук, заведующий лабораторией Института
микробиологии Академии Наук РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: tgulyamova@gmail.com

Мавланов Шухрат Равшанович

канд. мед. наук, ст. преподаватель
Ташкентского фармацевтического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: a_l_i_2020@mail.ru

**EVALUATION OF SOME HEALING PROPERTIES OF OINTMENT BASED
ON ENDOPHYTIC MELANINS *Cladosporium sp.* - HT207****Liliya Abdulmyanova**

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher, Institute of Microbiology
of the Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Muhaye Burieva

2nd year basic doctoral student, junior researcher
at the Institute of Microbiology of the Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Toshkhon Gulyamova

Professor, Doctor of Biological Sciences,
Head of the Laboratory of the Institute
of Microbiology of the Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shukhrat Mavlanov

PhD, Senior Lecturer
at the Tashkent Pharmaceutical Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты исследований 5% мази на основе меланина *Cladosporium sp.* - HT207 по показателям: острая токсичность, местно-раздражающее действие, противовоспалительная активность, ранозаживляющая способность при стоматите, протекторное действие при УФ-облучении. Установлено, что 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 относится к V классу токсичности, LD₅₀ мази составила более 5000 мг/кг, не обладает местно-раздражающим действием. Противовоспалительный эффект мази при экспериментальном асептическом артрите у крыс составил 42,7-51,7%, что сравнимо с препаратом «Изигел» - 36,0-54,5%. При экспериментальном стоматите у кроликов применение мази ускорило на 3 суток заживление ран на уровне препарата сравнения «Камистад». После УФ-облучения кожи кроликов-альбиносов выраженность эритемы было достоверно меньше в 8,6 раза по сравнению с контрольными животными.

ABSTRACT

The paper presents the results of studies of 5% ointment based on melanin *Cladosporium sp.* - HT207 in terms of: acute toxicity, local irritant effect, anti-inflammatory activity, wound healing ability for stomatitis, protective effect under UV irradiation. It has been established that a 5% ointment based on melanin from the endophytic fungus *Cladosporium sp.* - HT207 belongs to toxicity class V, the LD₅₀ of the ointment was more than 5000 mg/kg, and does not have a local irritant effect. The anti-inflammatory effect of the ointment in experimental aseptic arthritis in rats was 42.7-51.7%, which is comparable to the drug "Isigel" - 36.0-54.5%. In experimental stomatitis in rabbits, the use of ointment accelerated wound healing by 3 days at the level of the reference drug Kamistad. After UV irradiation of the skin of albino rabbits, the severity of erythema was significantly less by 8.6 times compared to control animals.

Ключевые слова: меланин, эндофитный гриб, мазь, лечебные свойства.

Keywords: melanin, endophytic fungus, ointment, medicinal properties.

Введение. УФ-излучение является одним из основных факторов, наносящих вред коже, особенно при длительном пребывании на открытом воздухе или в условиях повышенной солнечной активности. Пигмент меланин, обладая антиоксидантными и фотостабилизирующими свойствами снижает проникновение УФ-излучения предотвращая возникновение повреждений, таких как солнечные ожоги, фотоаллергические реакции и преждевременное старение кожи [1, 2]. Помимо этого недавние исследования обнаружили ряд фармакологических свойств меланина, такие как терморегуляторная, антибактериальная, противовирусная, иммуномодуляторная [3, 4].

Меланин – это вездесущий биологический пигмент, который присутствует во всех биологических системах. Однако, сырье для его получения не всегда доступно и рентабельно. В этом аспекте микроскопические грибы, в том числе и эндофитные, представляют собой ценный источник меланиновых пигментов, потому что они способны обеспечить высокий выход вещества в дешевой культуральной среде, что делает биопроцесс экономически выгодным и жизнеспособным в промышленном масштабе [5,6]. Принимая во внимание, что грибной меланин, представляет собой перспективный материал для создания лекарственных средств с различным терапевтическим эффектом целью наших исследований стала оценка лечебных свойств 5% мази на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 *in vivo*.

Материалы и методы исследования

В работе в качестве основной субстанции мази использован меланин, полученный методом щелочной экстракции с последующим кислотным осаждением из мицелия эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207, ассоциированного с *Helianthus tuberosus*.

Для накопления мицелия, штамм *Cladosporium sp.* - HT207 культивировали на картофельно-декстрозном бульоне в условиях жидкофазной ферментации на качалке при 180 об/мин в течение 7-10 суток, при температуре 28°C [7].

Для получения 5% мази к основе состоящей из вазелина и ланолина, добавляли 5 г меланина *Cladosporium sp.* - HT207 и тщательно перемешивали.

Острую токсичность изучали на белых крысах, массой тела 190 – 210 г, обоего пола по методу Ноакеса и Сандерсона [8]. Острую токсичность оценивали по изменению веса тела и нервно-соматическим показателям: общее состояние животного, особенности поведения, интенсивность и характер двигательной активности, наличие и характер судорог, координация движения, реакция на тактильные, болевые, звуковые и световые раздражители, состояние волосяного и кожного покрова, а также по макроскопическим изменениям в кожных покровах [9].

Исследования местно-раздражающего действия изучали на кроликах-альбиносах, обоего пола, массой не менее 2,0 кг только со здоровой кожей [9]. У животных за период до проведения испытания проводился контроль температуры тела, общего состояния, оценка шерстяного покрова кожи спины. За сутки до экспериментальных исследований на боковой поверхности туловища кроликов, ножницами выстригали шерсть, на участке размером 10x15 см по обеим сторонам от спинного хребта для нанесения и наблюдения. 5% мазь на основе меланина *Cladosporium sp.* - HT207 наносили на выстриженный участок кожи кроликов с правой боковой поверхности. На левую боковую наносили основу мази. Время экспозиции составляла 4 часа. После острого (однократного) воздействия препарата оценивали состояние кожного покрова при наблюдении

через 1 час, 24 и 72 часа в баллах по системе классификации кожных реакций по ГОСТ Р ИСО 10993.10-2011 [10].

Противовоспалительное действие мази изучали по методу «гистаминовый отёк» лапы на белых крысах массой тела 180 – 200 г обоего пола. У крыс предварительно измеряли объём лапки в норме. Препараты наносили однократно на кожу тонким слоем 1 раз в день до введения гистамина и ежедневно в период опыта [9].

Острую воспалительную реакцию (отёк) воспроизводили субплантарным (между 1 и 2 пальцами левой задней лапки) введением 0,1 мл 1% раствора гистамина. Выраженность воспалительной реакции оценивали через 1, 2 и 3 часа после индукции воспаления по изменению объёма лапы с помощью плетизмометра.

Противовоспалительный эффект (ПВЭ) вычисляли по формуле:

$$ПВЭ = (V_{оп} - V_{к} / V_{к}) \times 100$$
, где $V_{оп}$ – объёма отёка в опытной группе; $V_{к}$ – объёма отёка в контрольной группе. Для эксперимента крыс разделяли на группы по 6 особей в каждой.

Препараты вводили следующим образом:

1 группа (контрольная) – 0,1 мл 1% раствора гистамина;

2 группа (опытная) – мазь 5% из меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 на кожу + 0,1 мл 1% раствора гистамина.

3 группа (опытная) – «Изигел» производства ООО GM Pharmaceuticals Ltd, Грузия + 0,1 мл 1% раствора гистамина.

Ранозаживляющее действие мази при стоматите изучали на кроликах массой тела 2000 - 2500 г обоего пола. Кроликам под уретановым наркозом воспроизводили модель термического ожога слизистой оболочки полости рта в области верхних резцов справа и слева нанесением в течение 20 секунд раскаленного докрасна штопфера диаметром 3 мм. Экспериментальную терапию начинали спустя 24 часа после проведения термического повреждения. Животных разделяли на группы по 5 голов. В первой контрольной группе раны промывали водой очищенной. Животным второй опытной группы наносили 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207, животным третьей опытной группы – гель «Камистад» производства Штада Арцнаймиттель, Германия [11].

Влияния мази на состояние кожи при УФ-облучении изучали на кроликах-альбиносах обоего пола массой тела 2000-2500 г. Животных делили на две группы. Первая группа (контроль) животным данной группы не наносили мазь. На животным опытной группы проводили аппликацию 5% мази на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 в области спины. За 1-2 дня до эксперимента шерсть тщательно выстригали в размере 4х6 см. Далее равномерно наносили мазь и через 30 минуты кожа спины подвергалась УФ-облучению (УФ-А, 305–420 нм) (лампа «кварц-8» с ДРТ-1000 мощностью 220 Вт). После облучения места аппликаций промывали стерильной водой.

Кожные реакции после провокации оценивали выраженность эритемы в баллах [12].

Результаты и обсуждение

Проведенные опыты по параметру «острая токсичность» показали, что после однократного нанесения мази в дозе 5000 мг/кг в поведении и функциональном состоянии животных видимых изменений не наблюдалось, потребление корма и воды было в норме. Все крысы активные и признаков интоксикации не отмечали. Крысы адекватно реагировали на тактильные, болевые, звуковые и световые раздражители. Частота и глубина дыхательных движений находилась в норме. Макроскопических изменений в кожных покровах и патологических изменений в волосяном покрове животных не наблюдалось. Гибели крыс в течение 2 недель не отмечалось. LD₅₀ препарата составила более 5000 мг/кг.

На основании результатов, установлено, что по параметру «острая токсичность» при нанесении мази на кожу животного, 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 относится к практически не токсичным веществам (V класс).

Наблюдения за состоянием кожи опытных кроликов-альбиносов при исследовании местно-раздражающего действия при однократном нанесении мази показали, отсутствие, видимых изменений в виде отека, струпа, эритемы кожи животных через 1, 24 и 72 часа. Полученные данные показали, что 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 не обладает местно-раздражающим действием.

Исследования противовоспалительной активности показали, что у белых крыс контрольной группы объём лапы после введения раствора гистамина через 1 час статистически достоверно увеличился на 81,7%, через 2 часа – на 82,5%, через 3 часа – на 63,4% по сравнению с показателем исходного объёма лапы.

При применении мази объём лапы после введения гистамина через 1 час уменьшился на 42,8%, через 2 часа – на 51,3%, через 3 часа – на 50,8% по сравнению с контрольной группой. Под влиянием 5% мази на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 противовоспалительный эффект у крыс составил 42,7-51,7%. При применении «Изигел» объём лапы после введения гистамина через 1 час уменьшился на 36,3%, через 2 часа – на 45,8%, через 3 часа – на 54,2% по сравнению с контрольной группой. Под влиянием «Изигел» противовоспалительный эффект у крыс составил 36,0-54,5%. Таким образом, 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 обладает противовоспалительной активностью на уровне препарата сравнения при экспериментальном асептическом артрит у белых крыс.

Исследование ранозаживляющей способности при стоматите на 4 сутки выявило сокращение площади язвенной поверхности на 27,4% относительно исходных значений и составила 61,5±3,0 мм²

в контрольной группе животных. При этом отмечали нарастание воспалительной реакции - отечности, гиперемии, инфильтрации окружающих тканей, нависающих над дном язв, нагноения ран с образованием обильного некротического налета. На 10 сутки площадь раны сократилась относительно исходной величины на 62,6%. На 16 сутки отмечали более выраженный эффект сокращения площади ран - на 77,8% от исходной величины. При этом клинически снижение отечности, гиперемии, инфильтрации окружающих тканей наблюдали лишь на 19 сутки.

В опытной группе животных, уже с момента начала экспериментальной терапии 5% мазью на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207, воспалительные явления были менее выражены. В течение 4, 7 суток площадь раны сократилась относительно исходных значений на 28,0% и 72,3%, соответственно. Клинически на 10 сутки после начала лечения стоматита отмечали отсутствие гиперемии, отечности, налёта, кровоточивости. Воспалительная реакция практически отсутствовала. На 10 сутки после начала лечения отмечали более выраженный эффект сокращения площади раны относительно исходных значений - на 84,1%. Эпителизация проходила со дна ран и полностью заканчивалась на 16 сутки с образованием нежного мягкого рубца.

В опытной группе животных, которым наносили гель «Камистад», воспалительные явления были менее выражены. В течение 4, 7 суток площадь раны сократилась относительно исходных значений на 44,5% и 72,3%. Клинически на 10 сутки после начала лечения стоматита отмечали отсутствие гиперемии, отечности, налёта, кровоточивости. Воспалительная реакция практически отсутствовала. На 10 сутки

после начала лечения отмечали более выраженный эффект сокращения площади раны относительно исходных значений - на 88,6%. Эпителизация проходила со дна ран и полностью заканчивалась на 16 сутки с образованием мягкого рубца. Полученные данные показывают, что 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 обладает ранозаживляющим действием на уровне препарата сравнения при экспериментальном стоматите.

Наблюдения за состоянием кожи опытных кроликов-альбиносов показало, что после УФ-облучения у контрольных животных выраженность эритемы кожи составила в среднем $2,83 \pm 0,16$ баллов и эритема кожи сохранялась более суток наблюдения. При нанесении 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 после УФ-облучения кожи видимых изменений в виде отека, эритемы кожи животных не наблюдалось, и выраженность эритемы было достоверно меньше в 8,6 раза по сравнению с контрольными животными.

Таким образом, 5% мазь на основе меланина эндофитного гриба *Cladosporium sp.* - HT207 не токсична и не обладает местно-раздражающим действием. Мазь эффективно предотвращает поражение кожи при действии УФ-облучения, обладает противовоспалительным и ярко выраженным регенеративным действием при стоматите. Выявленные лечебные свойства мази на основе меланина эндофитных грибов перспективны в качестве разработок новых протекторных препаратов для защиты и восстановления кожи.

Работа поддержана грантом: Ф3-201912269 Агентства инновационного развития при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. Dadachova E., Bryan R.A., Huang X., Moadel T., Schweitzer A.D., Aisen P., et al. Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi. // PLoS One., 2007. - 2(5):1–13.
2. Ischia M., Wakamatsu K., Cicoira F., Di Mauro E., Garcia-Borron J.C., Commo S., et al. Melanins and melanogenesis: From pigment cells to human health and technological applications. // Pigment Cell Melanoma Res., 2015. - 28(5):520–544.
3. ElObeid AS, Kamal-Eldin A, Abdelhalim MAK, Haseeb AM. Pharmacological properties of melanin and its function in health. Basic Clin Pharmacol Toxicol. 2017; 120: 515–522.
4. Huang L, Liu M, Huang H, Wen Y, Zhang X, Wei Y. Recent advances and progress on melanin-like materials and their biomedical applications. Biomacromolecules. 2018; 19: 1858–1868.
5. Gessler N, Egorova A, Belozerskaya T. Melanin pigments of fungi under extreme environmental conditions (review). Appl Biochem Microbiol. 2014; 50: 105–113.
6. Eisenman HC, Casadevall A. Synthesis and assembly of fungal melanin. Appl Microbial Biotechnol. 2012. 93: 931–940.
7. Абдульмянова Л.И., Буриева М.Р., Гулямова Т.Г. Растения Узбекистана - источники меланизированных эндофитных грибов. Universum: химия и биология, №5 (107), 07-мая, 2023. DOI - 10.32743/UniChem. 2023.107.5.15399.
8. Diana N. Noakes and D.M. Sanderson. A method for determining the dermal toxicity of pesticides. Brit. J. Industr. Med., 1969, 26, 59-64.
9. Методические указания в Руководстве по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. Под общей ред. член-корр. РАМН, проф. Р.У. Хабриева. Изд.2/. М.: - 2005. - М.: ОАО «Издательство «Медицина», с. 830.

10. ГОСТ ИСО 10993. 10-2011., Часть 10. Исследование раздражающего и сенсибилизирующего действия, изд. Госстандарт России, М. 2000.
11. Спасов А.А., Мазанова Л.С., Темкин Э.С., Абакумова Т.А., Сысуев Б.Б. НИИ фармакологии ВолГМУ. Изучение фармакологической активности магнийсодержащего геля «Поликатан» на экспериментальной модели травматического стоматита. Вестник ОГУ №12/декабрь 2006, с. 238-240.
12. Warwick L., Morison M.D., John A. Parrish, M.D., Michael E. Woehler. The Influence of PUV A and UVB Radiation on Skin-Graft Survival in Rabbits// The journal of investigativ dermatology, 1980, 75:331-333.

ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)

DOI - 10.32743/UniChem.2023.112.10.16019

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (НРК) РАЗНЫХ ПРОПОРЦИЙ
НА БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *Silybum marianum* (L.) Gaertn**Абдуазимова Дилдора Шарифжон кизи**

мл. науч. сотр.,
лаборатория растительных цитопротекторов,
Институт биоорганической химии АН РУз.,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: abduazimovadildora12@gmail.com

Арипов Тахир Фатихович

академик, зав. лаб. растительных цитопротекторов,
Институт биоорганической химии АН РУз.,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Гайибова Сабина Наримановна

PhD, ст. науч. сотр.,
лаборатория растительных цитопротекторов,
Институт биоорганической химии АН РУз.,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gayibova.sabina@gmail.com

Гайибов Улугбек Гаппарджанович

PhD, ст. науч. сотр.,
лаборатория растительных цитопротекторов,
Институт биоорганической химии АН РУз.,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gayibov.ulugbek@gmail.com

Махмудов Азизбек Валижонович

PhD, ст. науч. сотр.,
лаборатория Популяционная биология и экология растений
Института Ботаники АН РУз.,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: azizbek.mahmudov@inbox.ru

COMPLEX MINERAL FERTILIZERS (NPK) INFLUENCE OF DIFFERENT PROPORTIONS
ON THE BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF *Silybum marianum* (L.) Gaertn**Dildora Abduazimova**

Junior researcher,
Institute of Bioorganic Chemistry, Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Takhir Aripov

Academician,
Institute of Bioorganic Chemistry, Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sabina Gayibova

PhD, Senior researcher,
Institute of Bioorganic Chemistry, Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Ulugbek Gayibov*PhD, Senior researcher,
Institute of Bioorganic Chemistry, Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Azizbek Makhmudov***PhD, Senior Researcher,
Institute of Botany, Academy of Sciences,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Представленная работа посвящена изучению влияния комплексных минеральных удобрений (NPK) различного состава на биоморфологические показатели расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) в условиях интродукции.

ABSTRACT

The presented work is devoted to the study of the effect of complex mineral fertilizers (NPK) of different proportions on the morphological parameters of milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) under introductory conditions.

Ключевые слова: лекарственные растения, подкормки, развитие растений, биоэкология.

Keywords: herbs, nutrients, plant growth, bioecology.

Введение. *Silybum marianum* (L.) GAERTN, известная как расторопша пятнистая (РП), принадлежит к семейству сложноцветных. Это однолетнее или двухлетнее травянистое растение высотой от 100 до 200 см, эндемичное для Средиземноморского региона, которое в настоящее время распространилось и на другие теплые и засушливые районы. Листья ланцетные, длиной 15–60 см, с колючими краями. Цветочные головки имеют длину от 4 до 12 см, цвет красно-фиолетовый. Плоды – черные семянки с простым длинным белым хохолком, окруженным желтым прикорневым кольцом [3]. С объемом продаж около 8,3 миллиона долларов в 2005 году РП входит в десятку лучших растений, используемых в пищевых добавках [8]. Экстракт семян РП содержит семь различных флавонолигнанов, а именно силибин А, силибин В, изосилибин А, изосилибин В, силидианин, силикристин, изосилихристин и один флавоноид таксифолин, известный под общим названием силимарин [6]. Содержание силимарина в семенах РП часто колеблется от 1,0 % до 3,0 % сухого вещества [5]. Наличие силимарина обнаруживается во всех органах растения, но максимальное его количество сконцентрировано в семенах. Силимарин действует как антиоксидант, снижая выработку свободных радикалов и перекисное окисление липидов [7]. РП уже много лет используется в медицине, в основном для лечения заболеваний почек, селезенки, печени и желчного пузыря. Кроме того, РП является одной из самых продаваемых пищевых добавок на основе трав в мире [1]. Спрос на лекарственные растения растет вместе с ростом потребностей человека, населения

и мировой торговли. Микроэлементы и макроэлементы играют ключевую роль в питании растений и усиливают рост и развитие растений [2]. Правильное применение питательных элементов при выращивании лекарственных растений играет важную роль в повышении выхода и качества активных ингредиентов [4].

Использование комплексных минеральных удобрений в технологии возделывания расторопши пятнистой сорта Дебют способствует улучшению производственного процесса, урожайности и качества зерна [9]. Таким образом, целью настоящей работы явилось изучение влияния комплексных минеральных удобрений различного состава (NPK) на биоморфологические показатели расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.).

Материалы и методы. Эксперименты проводились на экспериментальных участках лаборатории «Интродукция лекарственных растений» Ташкентского ботанического сада. Семена были предоставлены из коллекции лаборатории, упомянутой выше. Форма семян растений овальная, заостренная, твердая, безволосая, гладкая, длиной 5–8 мм, шириной 3–4 мм. Цвет желтоватый, от светло-коричневого до темно-коричневого, иногда серый. Длина бутона 1–1,5 см, он имеет струящуюся окраску. 1000 семян весят 24–27 г.

В лабораторных условиях всхожесть семян была высокой и проверялась при различных температурах: 15° С, 20° С, 25° С, 30° С. Опыты проводили в трехкратной повторности, по 100 семян в каждой чашке Петри для изучения всхожести (табл. 1).

Таблица 1.

Проращивание семян *Silybum marianum* в лабораторных условиях

t°С/ дни	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Общее количество проросших семян, %	Энергия проростания, %
15	3	5	15	12	6	5	8	4	7	5	3	1	1	75	27
20	4	10	3	5	15	14	7	5	6	4	3	3	1	80	29
25	14	18	11	10	9	8	9	7	3	2	-	-	-	87	32
30	21	17	15	13	12	7	6	4	-	-	-	-	-	95	38

Всходы наблюдались через 3–4 дня после посева семян в полевых условиях. Всхожесть семян увеличивалась с повышением температуры воздуха. Установлено, что оптимальная температура для прорастания семян начинается от 15–20° С. Это указывает на принадлежность семян расторопши пятнистой к группе эвритермных организмов. Опыты проводились в весенний (май) и осенний сезон (ноябрь) для определения оптимальных сроков посева семян в полевых условиях. Оплодотворенность семян, посеянных весной, составила 20–30 %.

Посеянные семена прорастали в течение 4–5 дней. В этот период средняя температура воздуха составила 24,80±0,2° С, относительная влажность воздуха 28±0,3 %. Пятидневный семенной лист имел длину 0,8–1,0 см, ширину 0,2–0,3 см и длину 1,0–1,2 см. В конце этого этапа корень растения развился до 5–6 см. В конце мая – начале июня размеры семенной кожуры увеличились до 1,5–2,0x1,0–1,5 см и наблюдалось образование первого настоящего листа. Травяной этап длился 10–12 дней.

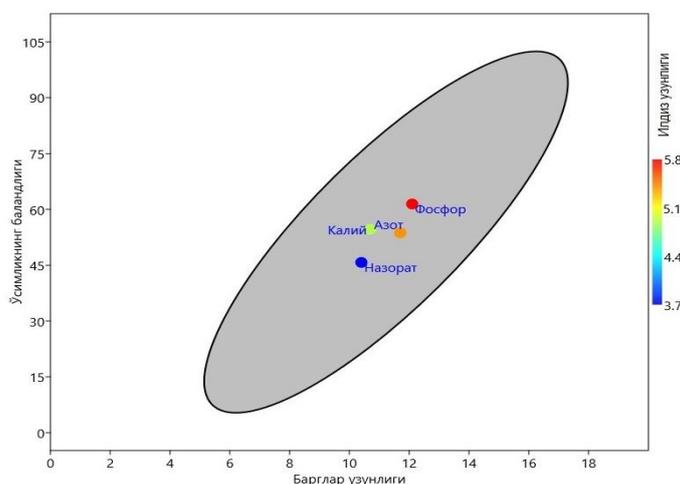
В начале июня на растении образуются 1–4 настоящих листа, размер которых 1,5–2,0 x 0,3–0,5 см, размер некоторых листьев 3,0–3,5, ширина достигает 1,0–1,2 см. Длина семядоли листа составляла 3,0–3,5 см, ширина 1,2–1,7 см.

В это время средняя температура воздуха составляла 33±0,4° С, относительная влажность воздуха 25–28 %. В середине месяца, когда средняя температура воздуха 27,5±0,3° С, а относительная влажность 18±0,2 %, количество листьев увеличивается на 5–6. Настоящие листья имеют длину 4,0–5,0 см и ширину 2,0–2,5 см. В конце июня при температуре воздуха

34±0,4° С и относительной влажности 24±0,2 % количество листьев растения не увеличилось, но листовая пластина разрослась до 6–7 см в длину и 3,0–3,5 см в ширину. Главный корень вырос до 10–12 см и дал многочисленные боковые корни длиной 1–2 см.

Опыты проводились в 4 различных группах в зависимости от пропорций NPK: группа №1 – контрольная, выращиваемая без внесения удобрений; группа № 2 – NPK, соотношение 32:10:12; группа № 3 – NPK, соотношение 10:38:10; группа № 4 – NPK, соотношение 10:10:38. Удобрения вносили дважды: на 15 и 45 дней после посадки. В качестве биоморфологических признаков определяли высоту растений, длину листьев и длину корней.

Результаты и обсуждение. Согласно полученным результатам, средняя высота растений в контрольной группе составила 45,75±0,5 см, средняя длина листьев – 10,4±0,05 см, длина корней – 3,7±0,05 см. Установлено, что средняя высота растений группы № 2 составила 53,71±0,4 см, средняя длина листьев – 11,7±0,03 см, длина корня – 5,4±0,03 см. Установлено, что средняя высота растений в группе № 3 составила 61,45±0,5 см, средняя длина листьев – 12,1±0,09 см, длина корней – 5,8 см. В группе № 4 средняя высота растений составила 54,68±0,5 см, средняя длина листьев – 10,7±0,04 см, длина корня – 4,9±0,03 см. Полученные результаты представлены на рис. 1, который демонстрирует наиболее существенное влияние на биоморфологические показатели растения, внесенного группой № 2. (рис. 1).

Рисунок 1. Влияние различных минеральных удобрений на рост и развитие *Silybum marianum*

Влияние минеральных удобрений на рост и развитие растения, т.е. различия или сходства в изменении морфометрических показателей различных органов, анализировали кластерным методом Уорда. По данным кластерного анализа растения были разделены на 3 группы. Растения контрольного варианта вошли в первую группу, а в эту группу вошли особи с наименьшими показателями. Во вторую

группу вошли растения группы № 4, которые были наиболее высокими по показателям, причем показатели сходства и различия были показаны отдельно. В третью группу вошли растения группы № 2 и группы № 3, причем растения, посаженные в двух разных вариантах, были разделены на эту группу по сходству их морфологических признаков (рис. 2).

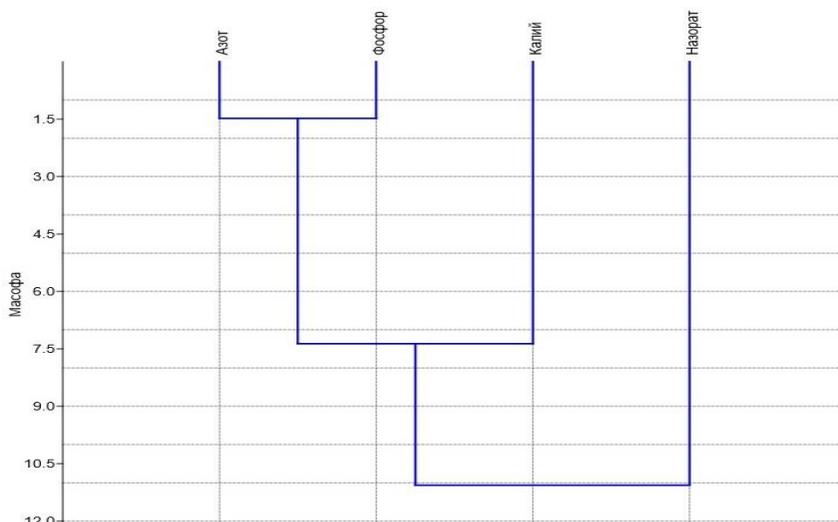


Рисунок 2. Анализ роста и развития *Silybum marianum* на основе кластерного метода Уорда

Также с целью определения корреляции внешних факторов среды с ростом и развитием растений проводились анализы по температуре воздуха, относительной влажности воздуха, температуре поверхности почвы и степени засоренности (конкуренция). Эти анализы были проведены на основе корреляции r -Pearson, и было установлено, что факторы окружающей среды имеют положительную корреляцию с изменениями выбранных морфологических признаков.

Обычно любые корреляционные связи делятся на три группы: положительная, отрицательная и нулевая корреляция.

В ходе нашего анализа установлено, что существует положительная корреляция между показателями зависимости минеральных удобрений от роста и развития растений, а также прямая положительная корреляция внешних факторов среды (рис. 3).

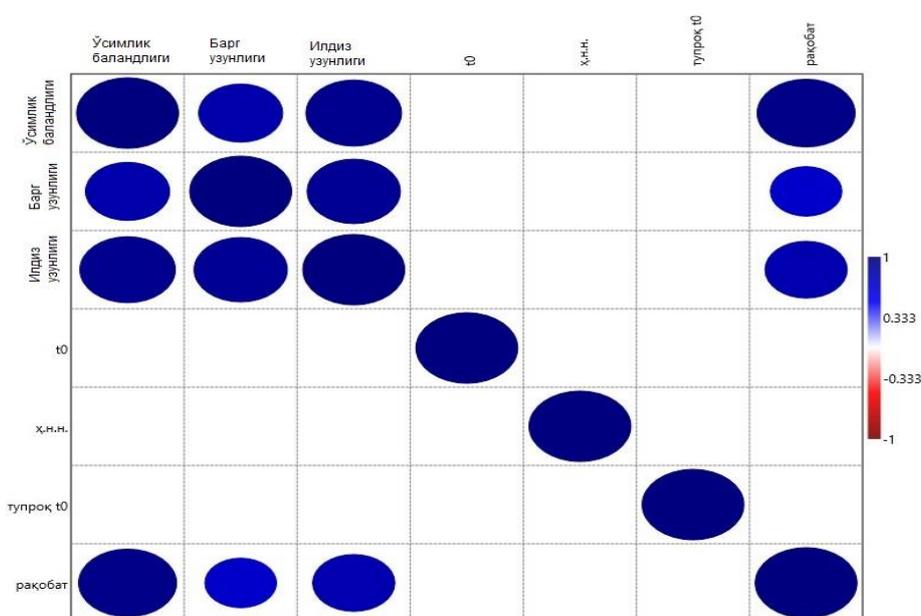


Рисунок 3. Прямая положительная корреляция внешних факторов среды

Полученные результаты показали, что в представленных условиях комплексное минеральное удобрение NPK состава в соотношении 10:10:38 оказывает более выраженное влияние на биоморфологические показатели и, соответственно, на продук-

тивность растений в местных экологических условиях. Присутствие NPK не снижало содержание важных вторичных метаболитов, а также не влияло на антиоксидантную систему растения, что выражается в неизменном содержании суммы общих антиоксидантов.

Список литературы:

1. Abenavoli L, Izzo A.A, Milić N, Cicala C, Santini A, Capasso R. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases // *Phytotherapy Research*. – 2018. – Vol. 32(11). – Pp. 2202-2213.
2. Imran M, Gurmani Z.A. Role of macro and micro nutrients in the plant growth and development // *Science, Technology and Development*. – 2011. – Vol. 30(3). – Pp. 36-40.
3. Karimzadah G, Omidbaigi R, Bakhshai D. Influence of irrigation and row spacing on the growth, seed yield and active substance of milk thistle (*Silybum marianum*)// *International Journal of Horticultural Science and Technology*. – 2001. – Vol. 7(3-4). – Pp. 78-81.
4. Karimzadah G, Omidbaigi R, Bakhshai D. 2001. Influence of irrigation and row spacing on the growth, seed yield and active substance of milk thistle (*Silybum marianum*). *International Journal of Horticultural Science and Technology*. – 2001. – Vol. 7(3-4). – Pp. 78-81.
5. Karkanis A, Bilalis D, Efthimiadou A. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed // *Industrial Crops and Products*. – 2011. – Vol. 34(1). – Pp. 825-830.
6. Kim N.C, Graf T.N, Sparacino C.M, Wani M.C, Wall M.E. Complete isolation and characterization of silybins and isosilybins from milk thistle (*Silybum marianum*) // *Organic & Biomolecular Chemistry*. – 2003. – Vol. 1(10). – Pp. 1684-1689.
7. Ražná K, Hlavačková L, Bežo M, Žiarovská J, Habán M, Sluková Z, Pernišová M. Application of the RAPD and miRNA markers in the genotyping of *Silybum marianum* (L.) Gaertn // *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. – 2015. – Vol. 18(4). – Pp. 83-89.
8. Subramaniam S, Vaughn K, Carrier D.J, Clausen, E.C. Pretreatment of milk thistle seed to increase the silymarin yield: an alternative to petroleum ether defatting // *Bioresource Technology*. – 2008. – Vol. 99(7). – Pp. 2501-250.
9. Воронова И.А. Агрэкологические аспекты возделывания расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) в условиях лесостепи среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. – 2014. – №1 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskie-aspekty-vozdelyvaniya-rastoropshi-pyatnistoy-silybum-marianum-l-caertn-v-usloviyah-lesostepi-srednego-povolzhya> (дата обращения: 08.09.2022).

ФОТООКСИЛИТЕЛЬНАЯ ДООЧИСТКА АКТИВНОГО КРАСИТЕЛЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ

Мирзалимова Сабина Алишеровна

базовый докторант,
Научно-исследовательского института
окружающей среды и природоохранных технологий,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mirzalimova_sabi@mail.ru

Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич

д-р хим. наук, профессор
Национального Университета Узбекистана,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Киришина Елена Юрьевна

ст. науч. сотр.
Научно-исследовательского института
окружающей среды и природоохранных технологий,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

PHOTO-OXIDATIVE PURIFICATION OF ACTIVE DYE AFTER ELECTROCHEMICAL DESTRUCTION

Sabina Mirzalimova

PhD student of Research Institute
of Environment and Nature Conservation Technologies
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Mukhtarjan Mukhamediev

DSc, Professor of National University of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Elena Kirshina

Senior Researcher of Research Institute
of Environment and Nature Conservation Technologies
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты исследования фотоокисления активного красителя Red SPD после электрохимической деструкции в электролизере с нерастворимыми анодами. Установлены технологические параметры способа фотоокислительной доочистки в обработанной воде после электрохимии с учетом концентрации окислителей.

ABSTRACT

This article presents the results of a study of the photooxidation of the active dye Red SPD after electrochemical destruction in an electrolyzer with insoluble anodes. The technological parameters of the method of photo-oxidative post-treatment in treated water after electrochemistry have been established, taking into account the concentration of oxidizing agents.

Ключевые слова: активные красители, фотоокислительная деструкция, сточные воды, электролиты, активный хлор.

Keywords: reactive dyes, photo-oxidative destruction, wastewater, electrolytes, active chlorine.

Введение

Текстильное производство занимает значимое место в структуре промышленности Республики Узбекистан. Как известно в технологических процессах текстильных фабрик используются органические красители, являющиеся токсичными веществами и потенциальными источниками загрязнения природных вод. Активные красители – это самый эффективный и большой класс красителей, имеет множество положительных характеристик, такие как яркость и чистота оттенков, устойчивость к мокрым обработкам и свету, благодаря чему чаще всего применяется при крашении хлопка, льна и вискозы [1]. Производство волокна мокрым процессом сопряжено с использованием большого количества воды и сбросом сильно загрязненных сточных вод, которые характеризуются повышенными показателями цветности, pH, мутности, температуры, биохимического потребления кислорода (БПК), химического потребления кислорода (ХПК) и содержания токсичных веществ [2, 3]. Такого типа сточные воды могут иметь широкий диапазон значений pH, высокие концентрации солей, а именно Na_2SO_4 и NaCl , а также карбонаты [4].

Анализируя современное состояние методов очистки сточных вод от красителей, необходимо отметить их разнообразие, однако при этом сохраняется актуальность оптимизации существующих и поиск новых высокоэффективных методов обезвреживания сточных вод. Одним из широко известных методов очистки является метод коагуляции [5].

При добавлении в воду специальных реагентов-коагулянтов (солей алюминия или железа) агрегативная устойчивость примесей снижается, состояние растворенных и взвешенных твердых частиц в сточных водах изменяется и их разделение производится путем осаждения. Преимуществом данного метода является простота осуществления. Однако, этот метод имеет недостаток - образование значительного количества осадка, для обезвоживания которого требуется дорогостоящее оборудование [6].

Биологические методы широко используются для очистки токсичных веществ, присутствующих в сточных водах текстильной промышленности, и обычно применяются, когда отношение БПК/ХПК равно или превышает 0,4 [7]. Комбинация анаэробной и аэробной биологической очистки является наиболее распространенным подходом к очистке текстильных сточных вод, однако это медленный процесс, очищенные таким способом сточные воды по-прежнему нуждаются в дополнительной очистке.

В литературе рекомендуется применение электрохимических процессов для удаления красителей из окрашенных стоков текстильных производств [8, 9]. Электрохимическая обработка обычно основана на удалении загрязняющих веществ непосредственно с поверхности анода путем образования OH^{\cdot} и/или других окислителей, таких как хлор, персульфат и др. [10, 11]. Практика эксплуатации очистных сооружений текстильных предприятий, использующих современное оборудование и технологии, показывает, что концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения, увеличивается на 30-40 %. Это

приводит к снижению производительности электролизеров (существующего оборудования), увеличению расхода электроэнергии в процессе очистки сточных вод, необходимости установки дополнительного оборудования. Присутствие в сточных водах текстильных производств хлорид-ионов интенсифицирует процесс электрохимической деструкции за счет образования активного хлора, обладающего большим запасом химической энергии в момент его образования. Однако, установлено, что не полностью используется окислительная способность продуктов электролиза в процессе очистки.

Окислительные методы очистки сточных вод обеспечивают более полную деструкцию сложных органических веществ под воздействием окислителей до простых соединений, легко усваиваемых микроорганизмами в ходе биологической очистки или в процессах самоочищения водоемов [12-14]. Главной особенностью таких методов является то, что они основаны на двух последовательных стадиях: генерировании активных частиц и их взаимодействии с загрязняющими веществами, растворенными в воде. По сравнению с традиционными методами очистки воды от органических соединений, например, сжиганием, окислительные методы в большинстве случаев потребляют меньше энергии [15].

Окислительные процессы характеризуются многообразием вариантов генерирования гидроксильных радикалов, которые представляют собой чрезвычайно реакционно-способные частицы с константами скорости реакций с большинством органических молекул порядка 10^6 - $10^9 \text{ м}^{-1}\text{с}^{-1}$ [16]. Генерирование гидроксильных радикалов осуществляется в процессе разнообразных реакций, условия протекания которых включают комбинацию химических веществ (O_3 , H_2O_2 , переходные металлы, оксиды) и вспомогательных источников энергии (УФ-излучение, электрический ток, ультразвук).

Использование технологии доочистки сточных вод текстильных предприятий на базе комбинированных окислительных процессов электрохимического и фотоокислительного методов в целом позволит снизить удельные расходы электроэнергии на единицу загрязняющих веществ, достичь более глубокой деструкции трудно окисляемых органических загрязнений при наличии избыточной концентрации активного хлора.

Цель данного исследования – изучение метода фотоокислительной деструкции для повышения эффективности работы сооружений электрохимической очистки сточных вод текстильных предприятий.

Материалы и методы исследования

Для эксперимента был взят образец текстильного красителя торговой марки Red SPD. Концентрацию раствора красителя определяли на спектрофотометре UV/vis (Libra S35) методом построения калибровочной кривой при $\lambda_{\text{max}}=543 \text{ нм}$.

Для первого этапа очистки использовали диафрагменный электролизер, представляющий цилиндрический корпус, где соосно расположены перфорированные аноды из титана, покрытого окислами

рутения (ОРТА), и перфорированные катоды из нелегированной стали. Анодная и катодная камеры разделены инертной мембраной, обеспечивающей герметичное разделение пространств. Анодная камера имеет объем 2,0 дм³, катодная камера – 1,0 дм³. Площадь анодов – 335 см².

Для проведения второго этапа экспериментов собран лабораторный непроточный фотохимический реактор с внешним источником излучения. В качестве источника света использована лампа ртутного излучения низкого давления с максимальной эмиссией в основном на 254 нм (55W, Philips TUV T8) Интенсивность излучения УФ лампы – 70 мВт/см². УФ-лампа установлена параллельно отражателю в верхней части фотореактора на расстоянии 200 мм от рабочей поверхности раствора. Для предотвращения перегрева ламп и выведения тепла за пределы реактора используется система воздушного охлаждения с электрическими вентиляторами. Внутренняя поверхность фотореактора изготовлена из полированной нержавеющей стали для максимального отражения света.

Обработку модельного раствора активного красителя Red SPD проводили в анодной камере электролизера. Характеристика раствора – концентрация (C) 100 мг/дм³, концентрация электролитов NaCl/Na₂CO₃ – 0,825-6,625 г/дм³, концентрация карбоната натрия – 0,35 г/дм³, и исходное значение pH 10-11. Плотность тока – 200 а/м². УФ-обработку проводили при 254 нм, 55W.

Эффективность обесцвечивания определяли по формуле:

$$\% = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

где C₀ – исходная концентрация красителя, мг/дм³;

C_t – концентрация красителя за время обработки t, мг/дм³.

Измерения проводили сразу после обработки при длине волны видимого максимального поглощения красителей.

Результаты и их обсуждения

Определение технологических параметров процесса фотоокислительной доочистки

Результаты исследования по электрохимической деструкции красителя Red SPD представлены в работе [17]. В данной работе определялась возможность использования избыточных электрогенерированных окислителей (ЭО) в процессе фотоокисления, проводимом после электрохимической деструкции (ЭД). Снижение времени обработки на стадии ЭД позволит снизить концентрацию ЭО, а применение фотоокисления – снизить концентрацию избыточных ЭО.

Определение эффективности синтеза ЭО в процессе электролиза хлоридных растворов

Показателями эффективности синтеза ЭО (активного хлора) является выход по току В_т^{АХ}, и степень превращения хлоридов в активный хлор λ_{NaCl}. Известно, что с ростом количества электричества, пропущенного через хлоридсодержащий раствор, увеличивается количество электрогенерированного активного хлора и соответственно увеличивается степень разложения хлористого натрия.

Выход по току активного хлора имеет выраженный максимум при времени обработки 10 минут (рис. 1). Низкая эффективность образования активного хлора, наблюдаемая в первые пять минут электролиза, связана с образованием в щелочной среде [18] гипохлорита и с расходом электроэнергии на побочный процесс образование хлоратов или перхлоратов по уравнению (2 и 3)

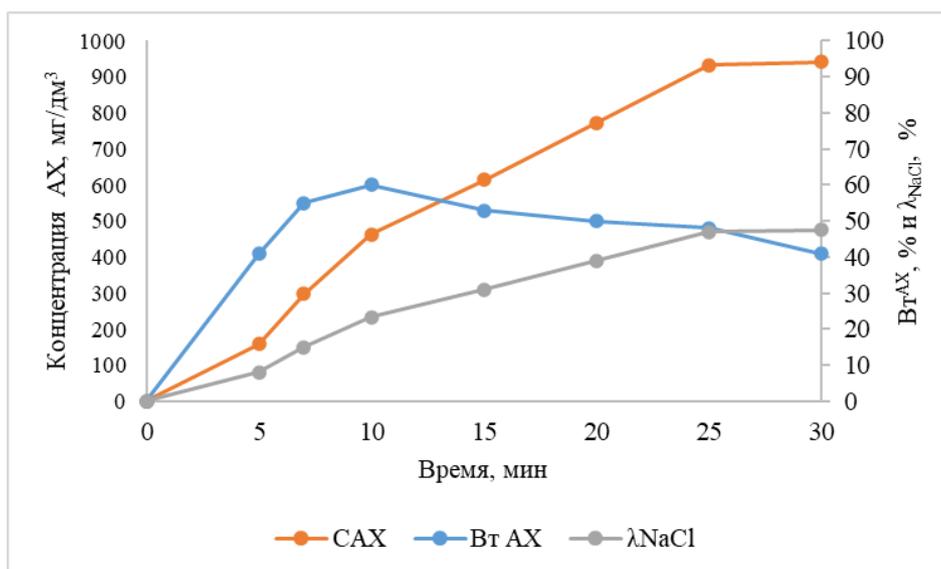


Рисунок 1. Зависимость концентрации электрогенерированного активного хлора, выхода по току и λ_{NaCl}, от времени обработки (C[NaCl] – 3,3 г/дм³)

Монотонное уменьшение выхода по току с увеличением расхода электроэнергии, связано с конкурирующими реакциями выделения хлора и кислорода, а также с обеднением раствора ионами Cl^- .

Таким образом, проведение ЭД Red SPD целесообразно проводить при времени обработки 5-10 минут.

Для определения возможности использования фотоокислительной деструкции (УФ) для доочистки

раствора красителя после электрохимической обработки (ЭОРК) проведены эксперименты при разном времени (ЭД).

После ЭД₅ первые 5 минут УФ-обработки проходят с высокой скоростью, однако далее эффективность обработки изменяется незначительно, что связано с недостаточной концентрацией электрогенерированного активного хлора (рисунок 2).

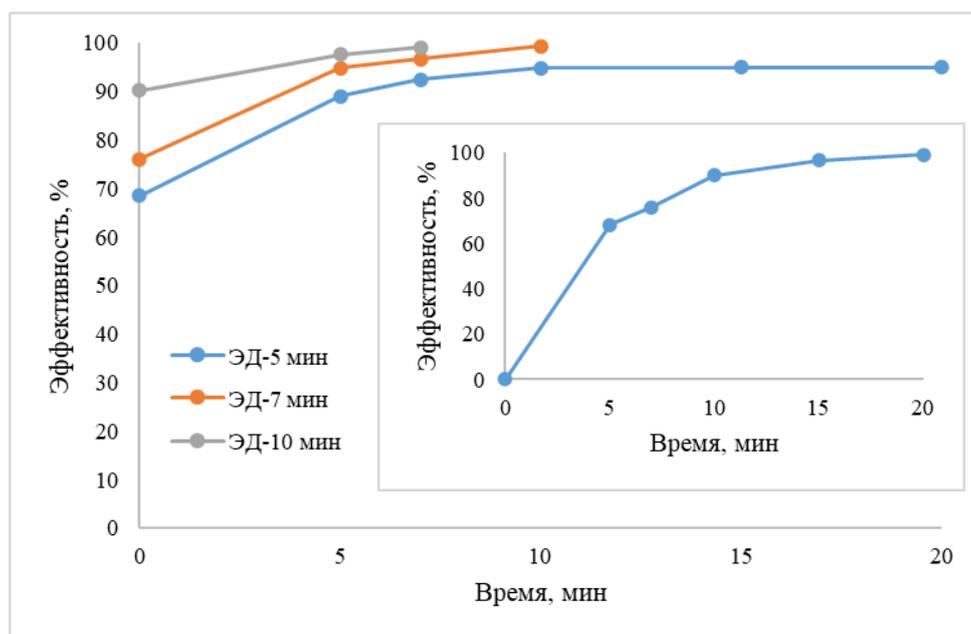


Рисунок 2. Зависимость эффективности обесцвечивания ЭОРК от времени УФ-обработки. На вкладке эффективность обесцвечивания Red SPD в процессе ЭД ($C[NaCl] = 3,3 \text{ г/дм}^3$)

Скорость обесцвечивания в процессе УФ-обработки значительно возрастает с увеличением времени ЭД с 5 до 7 минут, а после ЭД₇ изменяется незначительно (рисунок 2).

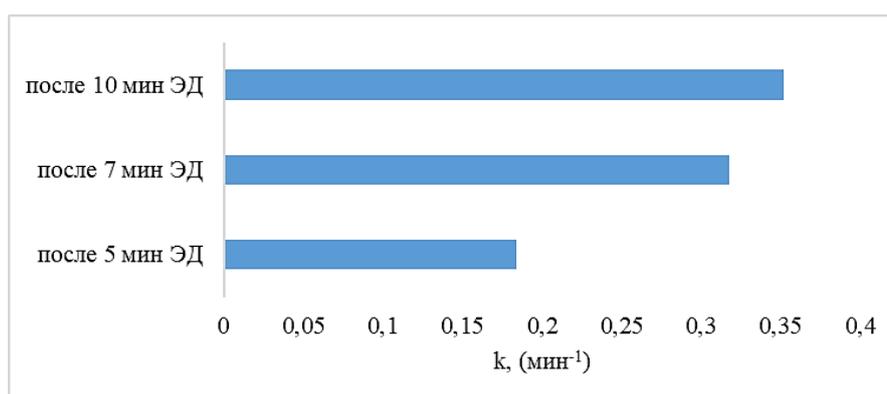


Рисунок 3. Кинетические константы скорости УФ деструкции ЭОРК при разном времени ЭД

Из данных, видно, что суммарная эффективность очистки ЭХ+УФ выше при меньшем суммарном времени обработки (рис. 3).

Сравнение использования остаточного активного хлора, образующегося при ЭД, для доочистки ЭОРК УФ-обработкой и без УФ-обработки показало эффективность процесса фотоокисления (рис. 4).

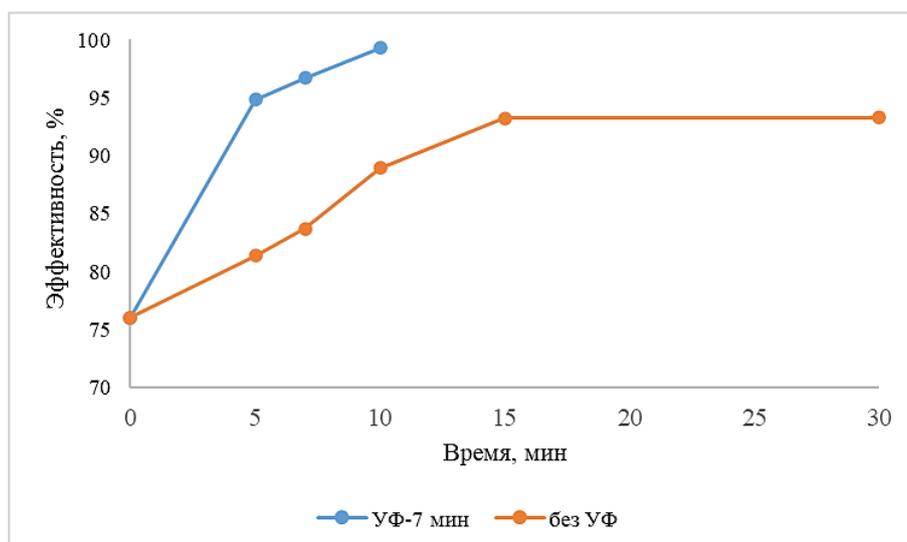
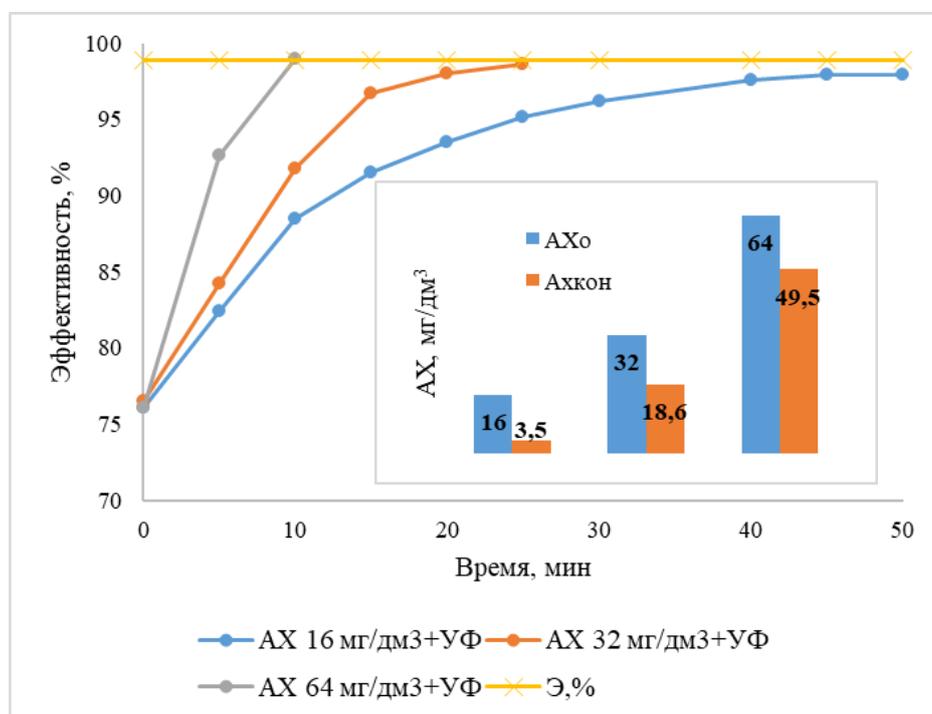


Рисунок 4. Сравнение эффективности доочистки ЭОРК Red SPD УФ обработкой и без УФ обработки

Определение влияния концентрации активного хлора на эффективность процесса фотоокисления ЭОРК Red SPD

Определение влияния концентрации активного хлора на эффективность процесса фотоокисления ЭОРК Red SPD проводилась при использовании анолита в качестве источника активного хлора. При концентрации активного хлора 16 мг/дм³ даже при времени обработки 50 минут эффективность обработки составляет 97,97 % (рис. 5), также видно, что при последних 10 минутах, скорость процесса

обесцвечивания резко снижается. При концентрации активного хлора 32 мг/дм³ и времени обработки 25 минут эффективность обесцвечивания – 98,6 %. Самая высокая скорость окисления, близкая к обработке после ЭД, наблюдается при концентрации активного хлора 64 мг/дм³. Концентрация остаточного активного хлора представлена на вкладке к рисунку 6. Высокая эффективность обесцвечивания достигается при соотношении концентрации красителя (С_{кр}) и концентрации активного хлора (С_{АХ}) = 1:2,9.



Э – эффективность, соответствующая остаточной концентрации Red SPD <math>< 1,0 \text{ мг/дм}^3</math>

Рисунок 5. Зависимость эффективности обесцвечивания Red SPD от времени обработки при различных концентрациях электрогенерированного активного хлора (АХ)

На вкладке зависимость остаточной концентрации АХ от исходной концентрации АХ после УФ-обработки ($C[\text{Red SPD}] - 22,27 \text{ мг/дм}^3$, Анолит: $C_{\text{АХ}} - 928 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} - 2,21$).

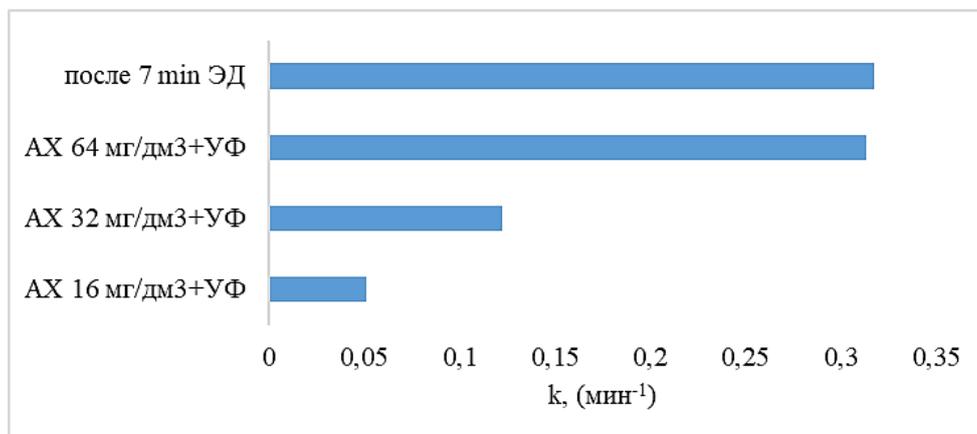


Рисунок 6. Кинетические константы скорости УФ деструкции Red SPD при использовании анолита в качестве источника активного хлора. ($C[\text{Red SPD}] - 22,27 \text{ мг/дм}^3$, Анолит: $C_{\text{АХ}} - 928 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} - 2,21$)

Влияние состава электролита на процесс УФ доочистки

При использовании в качестве электролита в процессе крашения только сульфата натрия электрохимическая обработка показала низкую эффективность, последующая УФ-обработка также показала низкую эффективность (рис. 7).

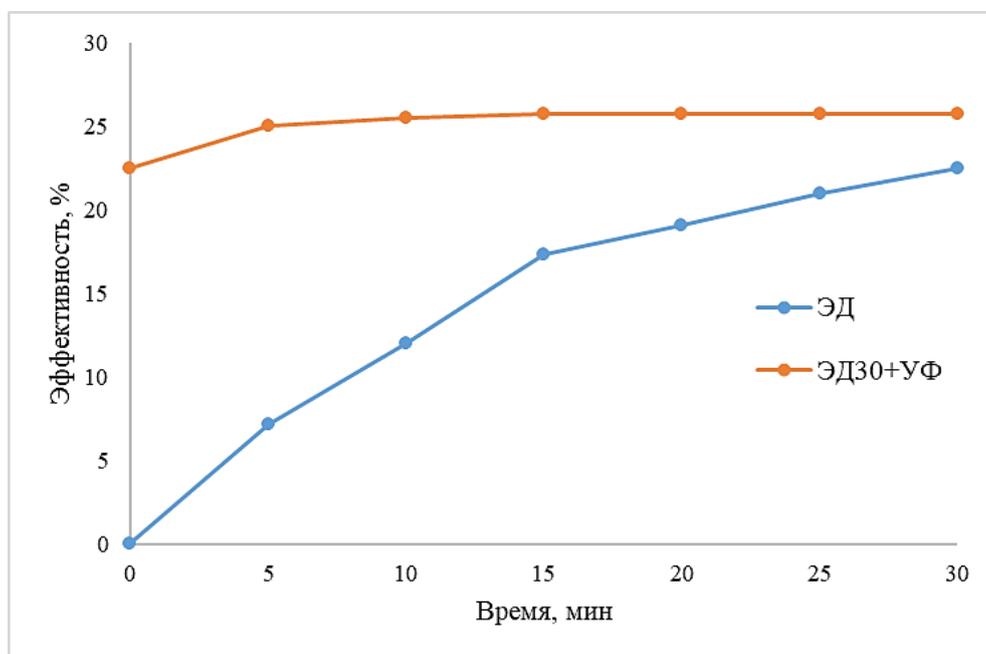
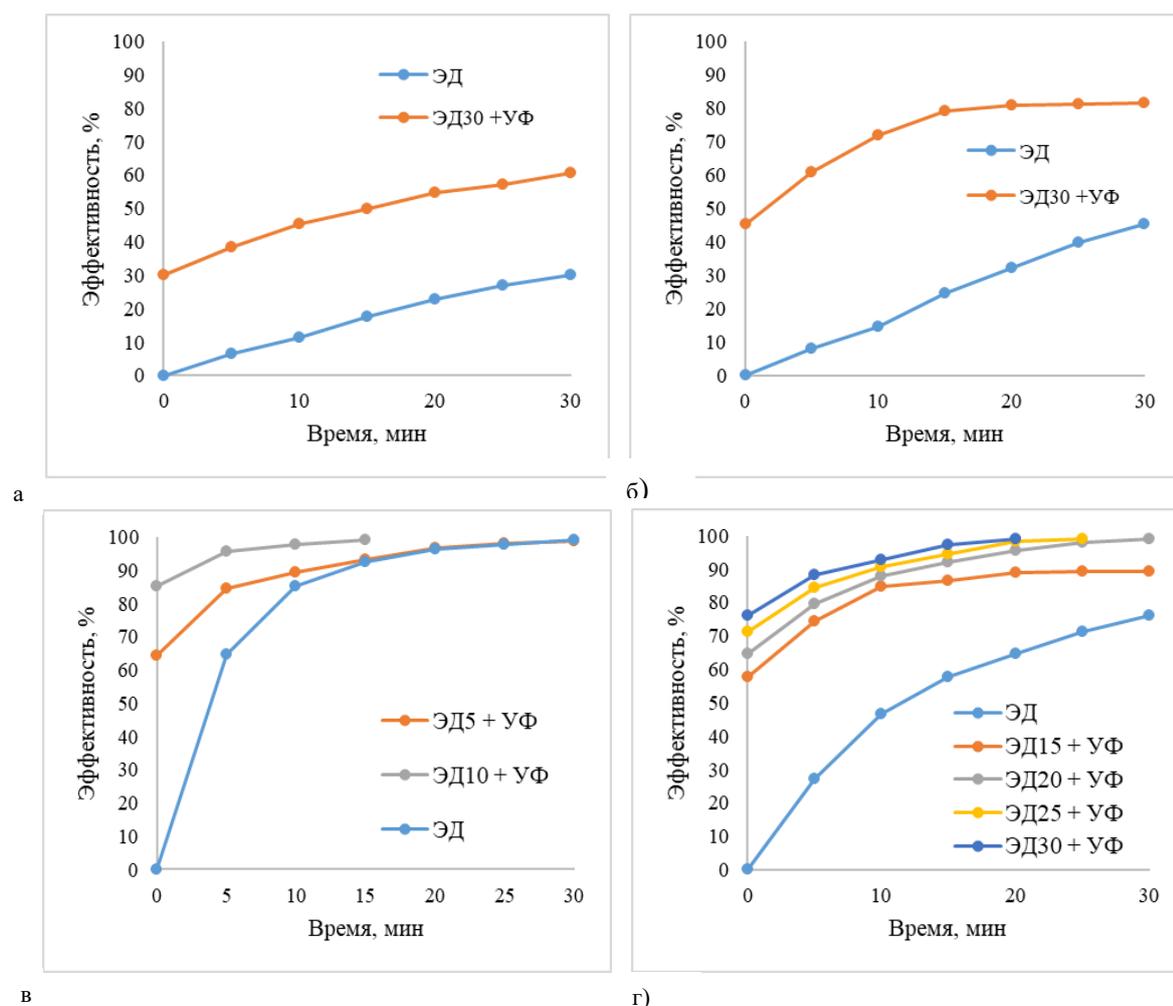


Рисунок 7. Зависимость эффективности обесцвечивания красителя в процессе ЭД (1 этап) и УФ-обработки (2 этап) от времени обработки ($C[\text{Na}_2\text{SO}_4] - 3,3 \text{ г/дм}^3$)

В связи с тем, что процесс ЭД+УФ при использовании только сульфата натрия в качестве электролита проходит с низкой эффективностью необходимо

было определить минимальную концентрацию вводимых хлоридов для проведения эффективной обработки (рисунок 8).



а) Концентрации: $\text{NaCl} - 0,413 \text{ г/дм}^3$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 2,887 \text{ г/дм}^3$, б) Концентрации: $\text{NaCl} - 0,825 \text{ г/дм}^3$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 2,425 \text{ г/дм}^3$, в) Концентрации: $\text{NaCl} - 1,625 \text{ г/дм}^3$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 1,625 \text{ г/дм}^3$, г) Концентрации: $\text{NaCl} - 2,425 \text{ г/дм}^3$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 0,825 \text{ г/дм}^3$

Рисунок 8. Зависимость эффективности обесцвечивания от времени обработки ЭД+УФ при различных концентрациях электролита

Существенное влияние на эффективность ЭД оказывают сульфат-ионы. Сульфат-ионы, имея с хлорид-ионами одинаковую относительную подвижность в растворах, могут одновременно разряжаться на анодах, повышая общие затраты тока на выход атомарного хлора [19]. Кинетическая константа скорости ЭД зависит не только от содержания Cl^- и SO_4^{2-} в растворе, но и от их соотношения (рис. 9).

Кинетическая константа скорости ЭД возрастает пропорционально увеличению концентрации NaCl до концентрации $1,625 \text{ г/дм}^3$. При $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ в растворе скорость ЭД резко возрастает. Скорость УФ-обработки значительно возрастает при концентрации NaCl в процессе ЭД более $0,825 \text{ г/дм}^3$. Однако количества электрогенерируемого активного хлора недостаточно для полного обесцвечивания при эффективности ЭД 45 % (рис. 8 б).

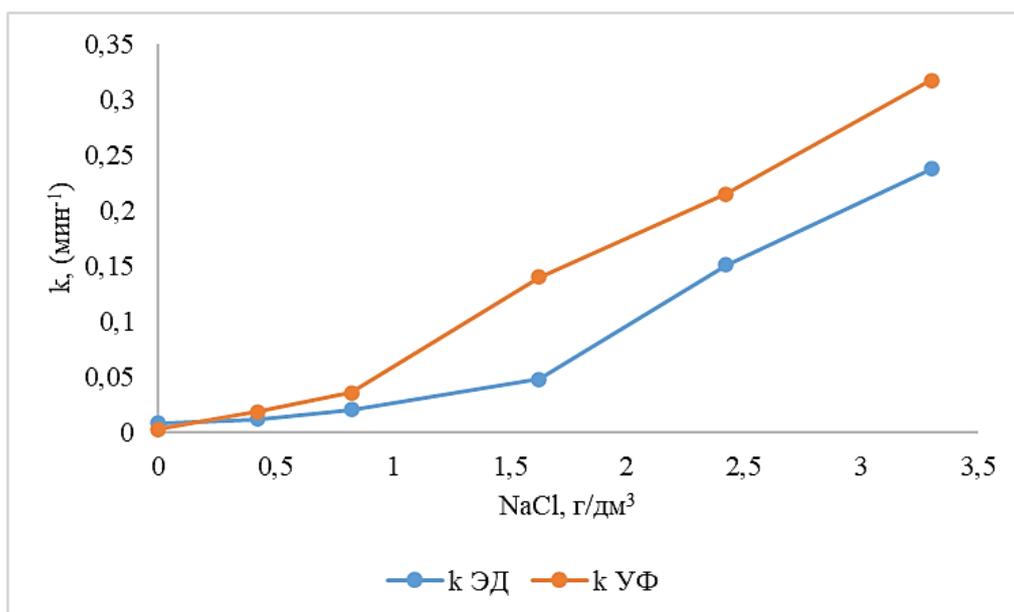


Рисунок 9. Кинетические константы скорости ЭД и УФ обработки Red SPD при различной концентрации NaCl в составе сульфатного электролита

Кроме того, высокая цветность обрабатываемого раствора характеризуется высокой оптической плотностью. При этом раствор становится менее проницаемым для УФ-излучения. Следовательно, HClO⁻ может быть облучен только небольшой частью ультра-

фиолетового света с образованием меньшего количества свободных радикалов, и, как следствие, обесцвечивание уменьшается.

Поэтому представлены оптимальные параметры ЭД+УФ, позволяющие достичь максимальной эффективности при минимальном времени совместной обработки (рис 10).

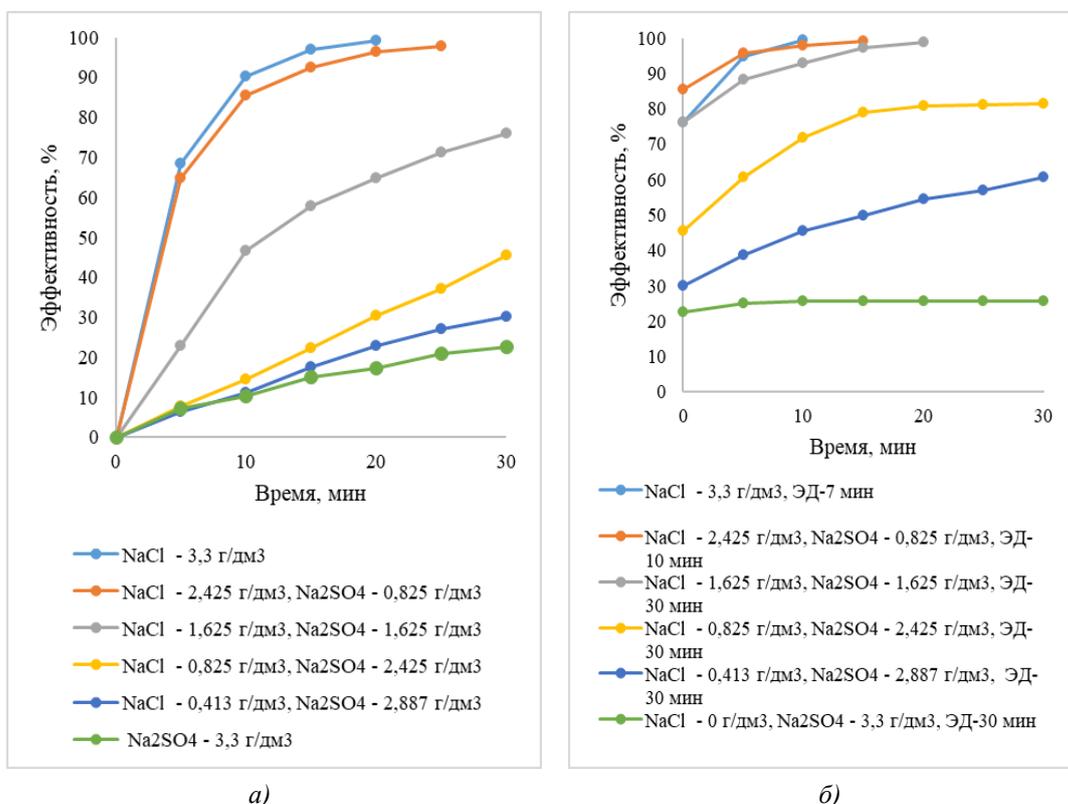
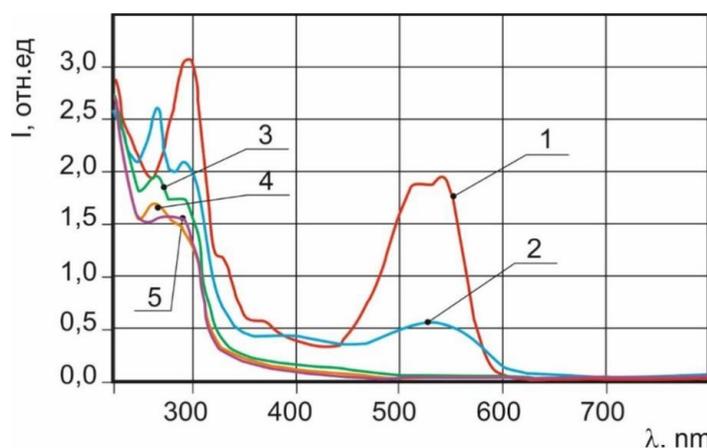


Рисунок 10. Эффективность ЭД (а) и УФ-обработки (б) при различной концентрации NaCl в составе сульфат содержащего электролита

Таким образом, концентрация NaCl – 1,625 г/дм³ в составе сульфатсодержащего электролита позволяет при эффективности ЭД 76 % и УФ в течение 20 минут в обработанной воде снизить концентрацию Red SPD до 1,0 мг/дм³.

На рисунке 11 показано изменение UV-Vis спектра раствора красителя Red SPD в процессе электрохимической (1 этап) и УФ обработки (2 этап).



1 – Время обработки 0 мин, 2 – Время ЭД - 7 мин, 3 – Время УФ 5 мин, 4 – Время УФ 10 мин, 5 – Время УФ 15 мин.

Рисунок 11. Спектры поглощения красителя Red SPD при ЭД+УФ ($C[\text{NaCl}] = 3,3 \text{ г/дм}^3$)

Поглощение в видимой области частично уменьшилось за время ЭД 7 минут и почти полностью удаляется после 10 минут УФ-обработки. Интенсивность пика при 295 нм продолжает снижаться, а при 265 нм и 400 нм отсутствует. Это может быть связано с образованием активных частиц таких как OH^\bullet и Cl^\bullet по следующей схеме:



Из реакций (3-6) видно, что увеличение эффективности обесцвечивания при УФ обработке можно объяснить образованием из электрогенерированных

$\text{Cl}_2/\text{HClO}^\bullet$ радикалов, которые обладают высокой окислительной способностью [20, 21].

При увеличении времени УФ-обработки достигается более полная деструкция красителя, однако длительная обработка является экономически нецелесообразной.

Изменение значения ХПК в процессе ЭД+УФ обработки

Эффективность обесцвечивания раствора красителя Red SPD хотя и является важной характеристикой процесса ЭД+УФ, однако не дает данных о снижении концентрации присутствующих в растворе органических веществ, определяемых величиной ХПК. ХПК – это количество кислорода, необходимое для окисления окисляемых соединений [22].

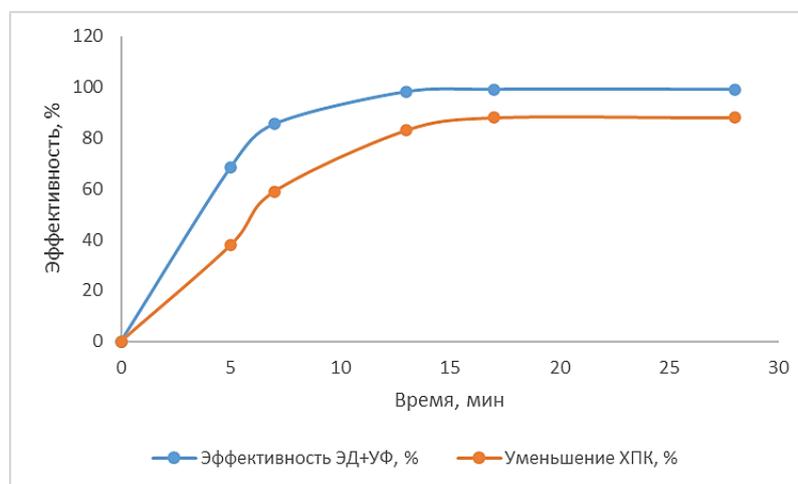


Рисунок 12. Зависимость эффективности снижения цветности и снижения ХПК Red SPD от времени в процессе ЭД+УФ ($C[\text{NaCl}] = 3,3 \text{ г/дм}^3$)

Сравнение эффективности обесцвечивания и снижения значения ХПК (рис. 12) позволяет сделать вывод о том, что обесцвечивание Red SPD проходит эффективнее, чем уменьшение ХПК, это связано с довольно сложной структурой молекулы красителя, при этом эффективность снижения ХПК составляет 88%.

Расход электроэнергии при использовании комбинированного процесса ЭД+УФ обесцвечивания Red SPD

Расход электроэнергии является одним из важных факторов, определяющих возможность использования комбинированного процесса ЭД+УФ обесцвечивания Red SPD. Расход электроэнергии на комбинированный процесс будет определяться из суммы расхода электроэнергии на ЭД и УФ-обработку.

Удельный расход электроэнергии на ЭД определяется по формуле (2):

$$E_{\text{ЭД}} = \frac{V \cdot I \cdot t_3}{L}, \quad (2)$$

где V – приложенное напряжение, В

I – приложенный ток, А

t_3 – время электролиза, час

L – объем раствора красителя, дм^3 .

Потребление электроэнергии в процессе УФ-обработки [23] рассчитывается по уравнению (3):

$$E_{\text{УФ}} = \frac{n \cdot \theta \cdot A \cdot t}{L} \quad (3)$$

где n – количество используемых ламп

θ – энергия излучения на единицу площади лампы, это информация предоставляется производителем оборудования.

A – используемая площадь ламп

t – время обработки

L – объем раствора красителя, дм^3 .

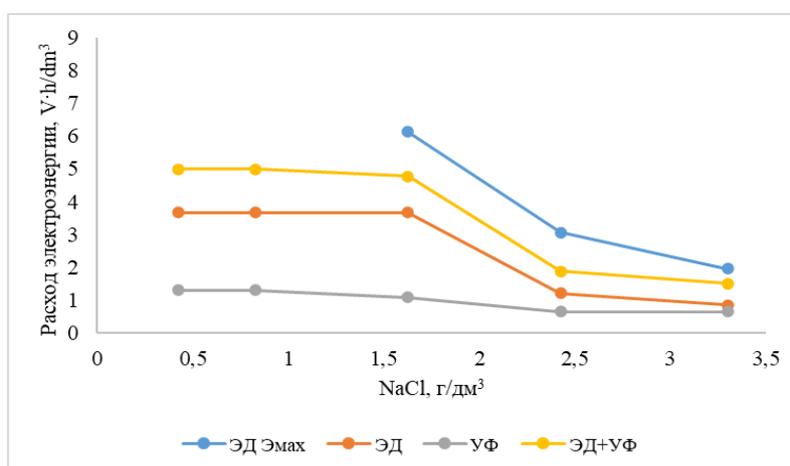


Рисунок 13. Расход электроэнергии для деструкции Red SPD в процессе ЭД (ЭД Эмакс), в ЭД+УФ по стадиям (ЭД, УФ и ЭД+УФ)

Снижение расхода электроэнергии на комбинированный процесс обесцвечивания Red SPD наблюдается при концентрации $\text{NaCl} \geq 1,625 \text{ г/дм}^3$ (рис. 13). Самое низкое значение расхода электроэнергии наблюдается при отсутствии или незначительном количестве сульфатов в составе электролита. Сравнивая расход электроэнергии на процесс ЭД при достижении остаточной концентрации Red SPD $< 1,0 \text{ мг/дм}^3$ (ЭД Эмакс), и суммарный расход на процесс ЭД+УФ видно, что расход электроэнергии при концентрации $\text{NaCl} \geq 1,625 \text{ г/дм}^3$ снижается на 22-28%.

Выводы

Определены технологические параметры процесса фотоокислительной доочистки после электрохимической деструкции в зависимости от концентрации окислителей в воде, содержащей красители.

Определено, что максимальный выход по току активного хлора имеет выраженный максимум при времени обработки 10 минут. С увеличением расхода электроэнергии наблюдается монотонное уменьшение выхода по току, что связано с конкурирующими реакциями выделения хлора и кислорода, а также с обеднением раствора ионами Cl^- .

Проведение процесса электродеструкции 7 минут только при концентрации $\text{NaCl} - 3,3 \text{ г/дм}^3$ и последующей УФ-обработке позволяет увеличить эффективность обесцвечивания за счет образования из электрогенерированных $\text{Cl}_2/\text{HClO}^\ominus$ радикалов, которые обладают высокой окислительной способностью.

При использовании в качестве электролита в процессе крашения только сульфата натрия электрохимическая обработка показала низкую эффективность, последующая УФ-обработка также показала низкую эффективность.

Установлено, что концентрация $\text{NaCl} - 1,625 \text{ г/дм}^3$ в составе сульфатсодержащего электролита позволяет при эффективности ЭД 76 % и УФ в течение 20 минут в обработанной воде снизить концентрацию Red SPD до $1,0 \text{ мг/дм}^3$.

Следовательно, при использовании на первом этапе ЭД, а на втором этапе – УФ-обработки происходит снижение удельного расхода электроэнергии при высокой эффективности обесцвечивания Red SPD, что доказывает эффективность и экономичность комбинированного метода очистки.

Список литературы:

1. Султонов Ш.А., Амонов М.Р. Оценка эффективности применения полимерных вязких систем при печатании текстильных материалов активными красителями. // *Universum: химия и биология*. -2019, т. 6, № 60. – С. 34-38.
2. Кадер Д.М. и др. Методы удаления пигментов из сточных вод // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2021. – Т. 332. – №. 7. – С. 54-64.
3. Queiroz M.T.A., Queiroz C.A., Alvim L.B., Sabará M.G., Leão M.M.D., De Amorim C.C. Restructuring in the flow of textile wastewater treatment and its relationship with water quality in Doce River. // *Gestão&Produção*, - 2019, vol. 26, no. 1, pp. 1–14.
4. Karcher S., Kornmüller A., Jekel M. Anion exchange resins for removal of reactive dyes from textile wastewaters. // *Water Research*, 2002, vol. 36, no. 19, pp. 4717–4724.
5. Zhao C. et al. Application of coagulation/flocculation in oily wastewater treatment: A review // *Science of The Total Environment*. – 2021. – Т. 765. – С. 142795.
6. Карманов А., Полина И. Технология очистки сточных вод. // *Litres*, 2022. №2 С. 23-29.
7. Sarayu K., Sandhya S. Current technologies for biological treatment of textile wastewater—a review // *Applied biochemistry and biotechnology*. – 2012. – Т. 167. – №. 3. – С. 645-661.
8. Martínez-Huitle C.A., Brillas E. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods: a general review // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2009. – Т. 87. – №. 3-4. – С. 105-145.
9. Brillas E., Martínez-Huitle C.A. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods. An updated review // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2015. – Т. 166. – С. 603-643.
10. Martínez-Huitle C.A., Panizza M. Electrochemical oxidation of organic pollutants for wastewater treatment // *Current Opinion in Electrochemistry*. – 2018. – Т. 11. – С. 62-71.
11. Graça N.S., Ribeiro A.M., Rodrigues A.E. Removal of fluoride from water by a continuous electrocoagulation process // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2019. – Т. 58. – №. 13. – С. 5314-5321.
12. Тимофеева С.С. Применение комплексной технологии очистки сточных вод красильно-отделочного производства // *Водагаз* № 5 (69), май 2013, с. 38-41.
13. Kozak J., Włodarczyk-Makuła M. Photo-oxidation of PAHs with calcium peroxide as a source of the hydroxyl radicals // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2018. – Т. 30. – С. 02009.
14. Tawfik A. et al. Solar photo-oxidation of recalcitrant industrial wastewater: a review // *Environmental Chemistry Letters*. – 2022. – Т. 20. – №. 3. – С. 1839-1862.
15. Katsoyiannis I.A. Efficiency and energy requirements for the transformation of organic micropollutants by ozone, O₃/H₂O₂ and UV/H₂O₂ / I.A. Katsoyiannis, S. Canonica, U. von Gunten // *Water Res.* – 2011. – Vol. 45. – P. 3811–3822.
16. Klammerthab N.L. Rizzoc, S. Malatoa Manuel, I. Maldonadoa, A. Arüerab, A.R. Fernández-Albab. Derradation of fifteen emergent contaminants at µg L⁻¹ initial concentrations by mild solar photo-Fenton in MWTP effluents // *Water Research*, Volume 44, Issue 2, January 2010, Pages 545-554.
17. Мирзалимова, С.А., Киршина, Е.Ю., & Мухамедиев, М.Г. (2022). Использование метода электрохимической деструкции для очистки сточных вод от активного красителя Red SPD. // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, т. 4, С. 86-99.
18. Kariyajjanavar P., Jortappa N., Nayaka Y.A. Studies on derradation of reactive textile dyes solution by electrochemical method // *Journal of Hazardous Materials*. – 2011. – Vol. 190. – P. 952-961.
19. Краснобородько И.Г. Деструктивная очистка сточных вод от красителей. – Л.: Химия. – 1988. – 192 с.
20. Peralta-Zamora P. Photoelectrochemical or Electrophotochemical Processes? // *J. Braz. Chem. Soc.* – 2010. – Vol. 21. – No. 9. – P. 1621-1625. – doi: 10.1590/S0103-50532010000900004
21. Rajkumar D., Kim J. Oxidation of various reactive dyes with in situ electrogenerated active chlorine for textile dye in industry wastewater treatment // *Journal of Hazardous Materials*. – 2006. – Vol. 136. – Is. 2. – P. 203-212. – <https://doi.orr/10.1016/j.jhazmat.2005.11.096>
22. N.L. Nemerow, J.A. Franklin, J.S. Patrick, A.S. Joseph, *Environmental Engineering: Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*, // John Wiley & Sons, - 2009.
23. Salazar-Gastélum M.I. et al. Electrochemical and photoelectrochemical decoloration of amaranth dye azo using composited dimensional stable anodes. *Journal of Environmental Protection*.– 2013. Vol. 4. No.1. – P. 8-20.

ФИЗИОЛОГИЯ

DOI - 10.32743/UniChem.2023.112.10.16008

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ****Мираметова Надира Пурханатдиновна***доцент,
Нукусский государственный педагогический институт,
Республика Узбекистан, г. Нукус***Оразбаева Наубахар Мратбаевна***временно исполняющий обязанности доцента,
Нукусский филиал Института повышения квалификации
и переподготовки кадров по физической культуре и спорту,
Республика Узбекистан, г. Нукус
E-mail: orazbaevanawbaxar@gmail.com***FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE EXTERNAL RESPIRATORY SYSTEM
IN CHILDREN IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN ARAL SEA REGION****Nadira Mirametova***Associate professor,
Nukus State Pedagogical Institute,
Republic of Uzbekistan, Nukus***Naubakhar Orazbayeva***Interim assistant professor,
Nukus branch of the Institute for Retraining and Advanced Training
of Specialists in Physical Education and Sports,
Republic of Uzbekistan, Nukus***АННОТАЦИЯ**

В статье приведены результаты исследования особенности функционального состояния системы внешнего дыхания у детей в условиях Южного Приаралья. Установлено, что существует взаимосвязь физического развития и функциональных характеристик системы дыхания у детей, родившихся и проживающих в регионе Южного Приаралья. Повышение проходимости бронхов в условиях запыленности приземного слоя воздуха физиологически нерационально. Сохранение данной реакции в дальнейшем может привести к различным патологическим изменениям со стороны бронхолегочного аппарата у детского населения в регионе Южного Приаралья.

ABSTRACT

The article presents the results of a study on the peculiarities of the functional state of the external respiratory system in children in the conditions of the Southern Aral Sea region. It has been established that there is a correlation between physical development and functional characteristics of the respiratory system in children born and living in the Southern Aral Sea region. Increasing the patency of the bronchi in conditions of dustiness of the lower layer of the air is physiologically irrational. Maintaining this reaction in the future may lead to various pathological changes in the bronchopulmonary apparatus in the children of the Southern Aral Sea region.

Ключевые слова: Южное Приаралье, детское население, физическое развитие, внешнее дыхание, экологические факторы.

Keywords: Southern Aral Sea region, children population, physical development, external respiration, environmental factors.

В настоящее время высокая динамичность трансформации природной среды с целью удовлетворения человеком своих непрерывно возрастающих потребностей, изменение отдельных параметров окружающей природной среды без учета сбалансирования взаимосвязи природы и общества привели к изменениям ряда определенных компонентов природной среды угрожающих устойчивому развитию всей цивилизации [6].

Процессы трансформации экосистемы Приаралья, происходящие вследствие глубокого изменения гидрорежима в совокупности разнообразны. В условиях повышения антропогенного и техногенного

влияния на экосистемы региона Приаралья происходит интенсивный вынос солей с осушенного дна Аральского моря, наблюдается деградация растительного покрова, возрастает интенсивность процессов соленакпления в почве [6].

В условиях практически полного усыхания Аральского моря эта проблема усугубляется выносом ядовитых солей (сульфаты и хлориды) с обсохшего дна (рис.1). В ухудшении качества атмосферного воздуха фактор пыле-солепереноса (70 млн.т/год) стал доминирующим. По данным ученых, моделирование переноса солей с поставальной суши Аральского моря показало многократное превышение ПДК во время солепылевых бурь [4].

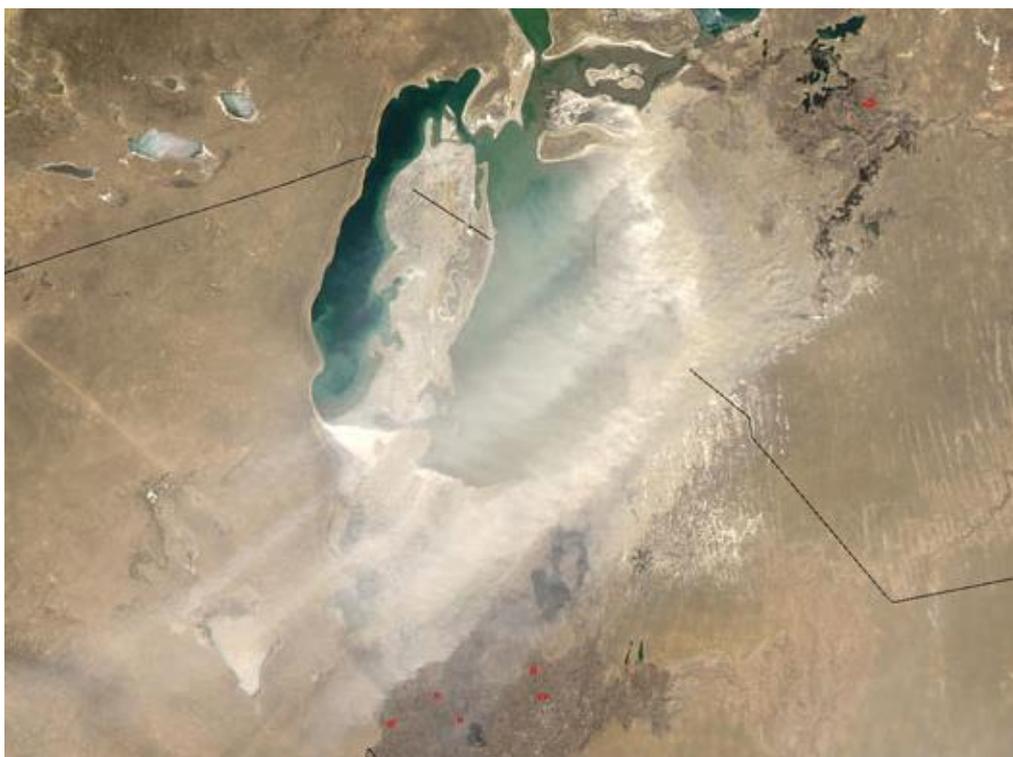


Рисунок 1. Ветровой вынос солей 15 марта 2002 г., синтезированное (1-3-ий каналы) изображение со спутника NOAA

Как известно, увеличение концентрации аэрозоля в воздухе влияет на кинетику и динамику атмосферных процессов. Воздействие солевого аэрозоля с поставальной суши на экологическую обстановку в южном Приаралье не ограничивается засолением почв и деградацией растительности. Результаты аэрозольно-радиационных измерений [1], выполненных в Приаралье в 1979-1982 гг. над Аральским морем и осушенной территорией во время соле-песчаных выносов, показали значительные изменения в распределении составляющих гидрологического и радиационного баланса системы «подстилающая поверхность – атмосфера» [1].

Как известно, в условиях интенсивного воздействия антропогенного прессинга на экосистемы и их компоненты сохранение адаптационного потенциала организма человека является одной из приоритетных проблем экологической физиологии. Индивидуальная адаптация – это формирующийся жизненный процесс,

в результате которого организм приобретает определенную устойчивость к различным факторам окружающей среды.

В настоящее время многими исследователями [1, 2, 10] показано, что наряду с наследственными факторами, на развитие организма подрастающего поколения большое влияние оказывают и экологические факторы. В последние годы особенно возросла научная и практическая значимость исследований, посвященных проблеме физического развития детей и подростков [7, 10, 14]. Судя по многочисленным данным показатели физического развития и состояния здоровья отдельных групп детского населения за последние два десятилетия приобрели негативный тренд [7, 11, 13]. В тоже время детализация достоверной информации о состоянии физического развития детей и подростков всячески необходима для разработки практических рекомендаций по организации диспансеризации и профилактической работы.

Функциональные особенности организма детей и подростков представляет большой интерес с эколого-физиологических позиций и необходимо для составления научного прогноза развития функциональных резервов организма и здоровья детского населения Республики Каракалпакстан в условиях экстремальной экологической ситуации.

Материал и методы

Нами были обследованы группы детей в возрасте от 6 до 10 лет, родившихся и постоянно проживающих в различных районах Республики Каракалпакстан. Функциональное состояние организма детей оценивали по результатам исследования функции внешнего дыхания (ЖЕЛ) методом спирометрии; сердечно-сосудистой системы (ЧСС, АД). Оценка полученных результатов исследования и их математическую обработку проводили по общепринятым методикам физиологических исследований [9] с использованием пакета программ Microsoft Excel. Также при обработке полученного материала использовали статистические методы, которые включали определение t-критерия Стьюдента [9]. Статистический анализ сердечного ритма проводили согласно методов, разработанных Р.М. Баевским и соавт. [3, 5].

Результаты и обсуждение

Дыхательная система одной из первых реагирует на изменение внешних условий (в частности на загрязненность приземного слоя воздуха) так как является пограничной с внешней средой. Исследования функции внешнего дыхания представляют значительную информацию о состоянии адаптивных механизмов детского организма. В ответ на изменение качества атмосферного воздуха со стороны внешнего дыхания в первую очередь изменяется бронхиальная проходимость. По уровню проходимости бронхов судят о состоянии адаптивных изменений. Такие относительные показатели как жизненная емкость легких при оценке физического развития характеризует одновременно функциональные возможности организма [6, 11, 15].

В ходе исследования нами установлено, что у обследованных детей происходит два важных периода развития системы внешнего дыхания [1, 2, 5, 6]:

в 6-7 лет происходит значительное снижение бронхиального сопротивления, что приводит к увеличению объема вдоха и выдоха;

8-10 лет – периода интенсивного увеличения объема легких. Общие закономерности развития функций внешнего дыхания, его резервных и адаптивных возможностей в онтогенезе детей многосторонне изучены специалистами [1, 2, 5, 6]. По данным специалистов, в возрасте 8-12 лет происходит плавное созревание морфологических структур легких. Однако, между 8-9 годами жизни удлинение бронхиального дерева преобладает над его расширением [2]. Наибольший рост и развитие системы дыхания происходит в период полового созревания [5]. К началу полового созревания общий объем легких увеличивается в 10 раз. Хрящи бронхов у детей мягкие, гибкие и легко пружинят. Эластические волокна развиты относительно слабо. Слизистая оболочка бронхов богата сосудами, но относительно суха. По данным Н.А. Скоблиной (2008) окончательное ветвление бронхиального дерева (сегментарные, субсегментарные и терминальные бронхи, бронхиолы, альвеолярные ходы) заканчивается к 7 годам [13].

Полученные результаты свидетельствуют, что в процессе развития детей показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ) имеют тенденцию к повышению (табл. 1). Жизненная емкость легких у детей 5-7 лет составляет у мальчиков - 1200 мл и у девочек – 850 мл. В 8-10 лет этот показатель составил соответственно 2000 мл и 1700 мл. [16]. Так, у мальчиков в 6 и 7 лет показатели жизненной емкости легких (FVC) составили $1,90 \pm 0,07$ л и $1,93 \pm 0,02$ л соответственно. Наибольший прирост FVC отмечается у детей в возрасте 9 и 10 лет у мальчиков показатель FVC составил $2,18 \pm 0,08$ и $2,34 \pm 0,07$ л ($p < 0,001$) соответственно.

Таблица 1.

Возрастная динамика показателей функции внешнего дыхания у детей, проживающих в регионе Южного Приаралья ($M \pm m$)

Возраст лет	пол	FVC	PEF	FEF-75	FEF-50	FEF-25
6	м	$1,90 \pm 0,07$	$3,11 \pm 0,1$	$3,28 \pm 0,1$	$2,40 \pm 0,1$	$1,16 \pm 0,03$
	д	$1,60 \pm 0,04$	$3,76 \pm 0,2$	$3,34 \pm 0,2$	$2,36 \pm 0,2$	$1,23 \pm 0,1$
7	м	$1,93 \pm 0,02$	$3,25 \pm 0,1$	$3,39 \pm 0,1$	$2,47 \pm 0,1$	$1,24 \pm 0,02$
	д	$1,62 \pm 0,08$	$3,86 \pm 0,2$	$3,48 \pm 0,2$	$2,49 \pm 0,2$	$1,31 \pm 0,1$
8	м	$1,94 \pm 0,08$	$3,77 \pm 0,1$	$3,33 \pm 0,1$	$2,50 \pm 0,1$	$1,26 \pm 0,07$
	д	$1,72 \pm 0,08$	$4,06 \pm 0,2$	$3,53 \pm 0,2$	$2,54 \pm 0,2$	$1,36 \pm 0,1$
9	м	$2,18 \pm 0,08$	$4,49 \pm 0,2$	$3,78 \pm 0,2$	$2,56 \pm 0,1$	$1,33 \pm 0,07$
	д	$1,85 \pm 0,06$	$4,24 \pm 0,1$	$3,86 \pm 0,1$	$2,68 \pm 0,1$	$1,42 \pm 0,1$
10	м	$2,34 \pm 0,07$	$4,91 \pm 0,2$	$4,23 \pm 0,1$	$3,01 \pm 0,1$	$1,54 \pm 0,1$
	д	$2,07 \pm 0,07$	$5,17 \pm 0,1$	$4,31 \pm 0,2$	$3,29 \pm 0,2$	$1,76 \pm 0,01$

Примечание: д - девочки, м - мальчики, FVC – жизненная емкость легких (л); FEF 75 – проходимость крупных бронхов (л/сек); FEF 50 – проходимость средних бронхов (л/сек); FEF 25 – проходимость мелких бронхов (л/сек), PEF- максимальная скорость выдоха (л/сек).

По данным проведенного анализа наблюдается, что у девочек в возрасте 6 и 7 лет показатели FVC составили $1,60 \pm 0,04$ и $1,62 \pm 0,08$ л соответственно. Наибольший прирост FVC отмечается у девочек в возрасте 9 и 10 лет абсолютные значения FVC составили $1,85 \pm 0,06$ и $2,07 \pm 0,07$ л ($p < 0,001$) соответственно. У девочек в возрасте 10 лет FVC был достоверно выше $2,07 \pm 0,07$ л ($p < 0,001$), чем у девочек 6 лет и недостоверно выше, чем у девочек 8 лет ($p > 0,05$).

Изучение проходимости различных отделов трахеобронхиального дерева показало, что у мальчиков с возрастом отмечается тенденция к увеличению бронхиальной проходимости. У мальчиков в возрасте 9 и 10 лет проходимость крупных бронхов (FEF-75) составила $3,78 \pm 0,2$ и $4,23 \pm 0,1$ л/с соответственно против $3,33 \pm 0,1$ и $3,33 \pm 0,1$ л/с ($p < 0,001$) у мальчиков 7 и 8 лет (соответственно). У девочек в возрасте 9 и 10 лет абсолютные показатели FEF-75 были достоверно повышены до $4,31 \pm 0,2$ л/с против показателей соответственно $3,48 \pm 0,2$ и $3,53 \pm 0,2$ л/с у девочек 7 и 8 лет ($p < 0,001$).

Отметим, что абсолютные показатели проходимости мелких бронхов (FEF-25) у мальчиков в возрасте 9 и 10 лет также были достоверно выше соответственно $1,33 \pm 0,07$ и $1,54 \pm 0,1$ л/с. чем у мальчиков 6-8 лет ($p < 0,05$). Что касается девочек, то в возрасте 9-10 показатели проходимости мелких бронхов (FEF-25) были достоверно соответственно

повышены до $1,42 \pm 0,1$ и $1,76 \pm 0,01$ л/с ($p < 0,001$), чем у девочек 7-8 лет и достоверно против $1,23 \pm 0,1$ л/с у девочек в возрасте 6 лет ($p < 0,001$). Абсолютные показатели максимальной скорости (PEF) выдоха у мальчиков с возрастом увеличивались. Наибольший прирост PEF отмечался у мальчиков в возрасте 9 и 10 лет соответственно $4,49 \pm 0,2$ и $4,91 \pm 0,2$ л/с против $3,25 \pm 0,1$ и $3,77 \pm 0,1$ л/с в возрасте 7 и 8 лет соответственно.

На основании положений теории адаптации и функциональных систем можно считать, что неодинаковым по градации тяжести состояниям соответствуют различные уровни функционирования организма. Наблюдается также разная степень напряжения компенсаторных механизмов.

Таким образом, с учетом высокой загрязненности приземного слоя атмосферы в регионе Южного Приаралья, выявленное у детей увеличение проходимости бронхов было расценено нами как нежелательная реакция и один из факторов, способствующих развитию бронхолегочной патологии. Увеличение проходимости бронхов в условиях запыленности приземного слоя воздуха физиологически нерационально. Сохранение данной реакции в дальнейшем может привести к различным патологическим изменениям со стороны бронхолегочного аппарата, что частично и объясняет рост бронхолегочной патологии у детского населения в регионе Южного Приаралья.

Список литературы:

1. Агаджанян Н.А., Макарова И.И. Среда обитания и реактивность организма.- Тверь, 2001.- 176 с.
2. Алексеев С.В. Экология человека системный взгляд на процесс формирования здоровья. Вестник Российской академии мед. наук М.: Медицина, 2002. №7. С. 3.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. — М., 1997.- 180 с.
4. Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. - 284 с.
5. Гаркави Л.Х. Гланц С. Адаптационные реакции тренировки, активации и стресса, принципы их формирования и роль в поддержании здоровья Медико-биологическая статистика / М.: Практика, 1999.-459 с.
6. Козинец Г.И. Физиологические системы организма человека, основные показатели.- М.: Триада-Х, 2000. - 384 с.
7. Козликина Н.Б., Гайнанова Н.К. Некоторые особенности физического развития детей (6-10 лет) с разными темпами ростовых процессов // Биологическая наука и образование в педагогических вузах: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах» Вып. 7. – Новосибирск: Изд. НГПУ, 2011. – С. 98-102.
8. Кузнецова О.В. Вариабельность ритмов сердца, артериального давления и дыхания у детей 8-11 лет в покое и при функциональных нагрузках./ Научные труды I Съезда физиологов СНГ. – Под ред. Р.И. Сепиашвили. – Т.1. – М.: Медицина – Здоровье, 2005. – С. 192.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Наука, 1990. С. 340-341.
10. Мамбетуллаева С.М., Камалова Г.Н., Атаджанова А. Анализ влияния негативных экологических факторов на уровень заболеваемости населения в условиях республики Каракалпакстан // Вестник ККО АН РУз. - 2011. - № 1. -С. 41-42.
11. Мандриков В.Б., Краюшкин А.И., Богданова Е.А., Царапкин Л.В. Морфофункциональный профиль подростков Калмыкии // Вестник Волгоградского Государственного медицинского университета. - Изд-во ВолГМУ, 2009.- № 3.- С. 88-91.
12. Матыскин А.В. Параметры внешнего дыхания в условиях пылевого загрязнения // Тез. докл. ежегодной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 30-летию ГУ НИИ медицинских проблем севера СО РАМН. – Красноярск, 2006. – С. 98-99.

13. Скоблина Н.А. Физическое развитие детей, находящихся в различных социальных условиях // Российский педиатрический журнал. -2008. -№ 3.- С. 29-31.
14. Турдымамбетов И.Р., Курбанов А.Б., Мамбетуллаева С.М. и др. Изменение природных условий Южного Приаралья и их влияние на возникновение и распространение болезней // Медицинский журнал Узбекистана. – Ташкент, 2003. - № 4. - С. 67-68.
15. Устюшин Б.В., Истомин А.В. и др. Особенности состояния здоровья и адаптационных реакций детского организма на Севере. // Педиатрия. 1996. № 1. С. 56-59.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

DOI - 10.32743/UniChem.2023.112.10.16057

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕДЬ-ПОЛИМЕРНО КОМПЛЕКСА

Инхонова Арофат

*PhD докторант,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистана, г. Ташкент
E-mail: ainxonova@gmail.com*

Эштурсунов Даврон Абдусаматович

*PhD докторант,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистана, г. Ташкент
E-mail: eshtursunovd@gmail.com*

Ботиров Суннатжон

*PhD докторант,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистана, г. Ташкент
E-mail: botirovsunnatjon3004gmail.com*

Муртазкулов Муслимбек

*стажер-исследователь,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистана, г. Ташкент*

Бекчанов Давронбек Жумазарович

*д-р хим. наук, проф.,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистана, г. Ташкент
E-mail: bekchanov100987@mail.ru*

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF COPPER-POLYMER COMPLEX

Arofat Inkhonova

*PhD doctoral student,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Davron Eshtursunov

*PhD doctoral student,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Sunnat Botirov

*PhD doctoral student,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Muslimbek Murtazakulov

Research intern,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Davronbek Bekchanov

Dr. Chem. sciences, Associate Professor,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В этом исследовании ион металлической меди был адсорбирован на анионите (PVC&PEI), который был получен из местного сырья ПВХ. Методом химического восстановления был успешно синтезирован медно-полимерный комплекс с наночастицами металлов на поверхности. Полученный полимер-металлический комплекс затем был подвергнут исследованию с целью оценки его антибактериальной активности в отношении грамположительных штаммов *S. aureus* и грамотрицательных штаммов *E. coli*, которые являются представителями условно-патогенных микроорганизмов, обычно используемых для тестирования на биологическое загрязнение. Оценивая его антибактериальную эффективность против этих избранных микроорганизмов, можно получить ценную информацию о его применимости в борьбе с биологическим загрязнением.

ABSTRACT

In this study, a copper metal ion was adsorbed onto anionite (PVC&PEI), which was derived from locally sourced raw material PVC. Through a chemical reduction method, a copper-polymer complex with metal nanoparticles on its surface was successfully synthesized. The resulting polymer-metal complex was then subjected to investigation to assess its antibacterial activity against gram-positive *S. aureus* and gram-negative *E. coli* strains, which are representative of conditionally pathogenic microorganisms commonly utilized for biological contamination testing. By evaluating its antibacterial efficacy against these selected microorganisms, valuable insights can be gleaned regarding its applicability in addressing biological pollution.

Ключевые слова: ПВХ, полимер-металлический комплекс, анионит, антибактериальная активность, *E. coli*, *S. aureus*.

Keywords: PVC, polymer-metal complex, anion exchanger materials, antibacterial activity, *E. coli*, *S. aureus*.

Введение

В последние годы, в связи с прогрессом в области супрамолекулярной химии и нанотехнологий, возрастает интерес к разработке полимерных систем, обогащенных наночастицами металлов, которые обладают уникальными физико-химическими свойствами. Сочетание полимерной матрицы с этими частицами придает нанокompозиту новые свойства, в то время как стабильность наночастиц в полимерных системах сохраняется на протяжении длительного времени. Благодаря своей биологической и антибактериальной активности, наночастицы меди привлекают все больший интерес. Они широко применяются в медицине, сельском хозяйстве, катализе и охране окружающей среды. Особенно ценны они в борьбе с бактериями и грибами, которые способны приводить к биообрастанию в сточных водах [1-2]. Для очистки ионов тяжелых металлов и загрязняющих веществ в прошлом использовались физические, химические и биологические методы. Однако, при химической и биологической очистке эти методы оказываются неэффективными. С целью очистки воды от загрязнений, поликомплексоны, полученные на основе хитозана, полиметакрилата, полианилина и поливинилхлорида, были использованы в качестве сорбентов. Однако, следует отметить, что такие фильтраты обладают меньшей склонностью к биообрастанию. Кроме того, комбинация двух или более материалов

может представлять собой более эффективное решение данных проблем [3]. Неорганические наночастицы металлов обладают термостойкостью и химической стабильностью, а также проявляют высокую антибактериальную активность. Однако, при их синтезе возникает проблема агломерации, что приводит к снижению их свойств [4]. С целью преодоления данной проблемы, применяют полимерные стабилизаторы, обладающие адсорбционными свойствами. В процессе производства металлополимерных наночастиц в качестве стабилизаторов полимеров широко применяются такие вещества, как поливинилпропилен, полиэтиленгликоль, полианилин, полиакриламид, поливинилхлорид, хитозан, крахмал, целлюлоза и другие. Металлические наночастицы Ag, Au, Zn, Cu широко применяются для эффективного удаления биологических загрязнений, таких как бактерии и грибки. Особенно наноразмерные наночастицы Cu проявляют высокое качество при химической и биологической переработке отходов, благодаря своей высокой реакционной способности [5]. Полиуретаны, включающие наночастицы Cu и Ag, обладают бактерицидными свойствами, которые проявляются в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также дрожжеподобных грибов [6-10]. В исследовании Б. Маноджа и его коллег была подчеркнута значимость металлической меди в области электрокатализа, фотокатализа и газофазного катализа для наночастиц на ее основе [11].

Антибактериальные свойства наночастиц меди главным образом обусловлены сцеплением их зарядов с противоположными зарядами бактерий. Этот процесс приводит к окислению наночастиц металлов внутри клеточной стенки бактерий. Благодаря своей высокой площади поверхности, наночастицы обеспечивают высокую эффективность в антибактериальной активности [12]. Медь была включена в список металлов с антимикробными свойствами агентством по охране окружающей среды США, а металлическая медь проявляет более высокую эффективность против бактериальных штаммов *E. coli* и *B. subtilis* по сравнению с серебром [13].

Установлена эффективность адсорбентов на основе полимерно-металлических комплексов для удаления химических и биологических загрязнений из воды. Цель данного исследования заключается в синтезе медно-полимерного комплекса путем сорбции ионов металлической меди ПВХ и ПЭИ-анионитом, основанным на поливинилхлориде, а также в изучении антибактериальной активности полученного медно-полимерного комплекса в отношении условно-патогенных бактерий *E. coli* и *S. aureus*.

Материалы и методы

Материалы и химические вещества

Хлорид меди(II) ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) был приобретен у компании Zibo Rongzhi Chemical Corporation (Китай). Анионит PVC&PEI был синтезирован путем модификации ПВХ с использованием полиэтиленмина. Для исследования были получены бактериальные возбудители *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) и *Escherichia coli* (*E. coli*), а также использовался агар

Миллера-Хинтона от компании TM Media (Индия). Все другие химические вещества, примененные в данном исследовании, были аналитически чистыми.

Подготовка и свойства используемых материалов

Синтез PVC&PEI

Анионообменный сорбент PVC&PEI был синтезирован путем химической модификации поливинилхлорида (ПВХ) полиэтиленмином (ПЭИ) по методикам, изложенным в предыдущих работах [14-15]. В качестве исходного материала для синтеза анионообменной смолы использовали гранулированный полимер ПВХ промышленного производства.

Для начала синтеза 3 г гранулированный ПВХ отмеряли с помощью аналитических весов и добавляли в круглодонную колбу вместе с 70%-ным раствором ПЭИ. Затем смесь нагревалась на водяной бане при температуре 80°C в течение 2 часов для облегчения процесса модификации.

Для более полной модификации образец из колбы переносился в гидротермальный автоклав-реактор объемом 50 мл с тефлоновой прокладкой. Автоклав помещался в муфельную печь, и процесс более глубокой модификации PVC&PEI проводился при температуре 423 К в течение 5 часов. Оптимальные условия синтеза PVC&PEI были определены при температуре 423 К в течение 5 часов.

После проведения синтеза было установлено, что статическая обменная емкость синтезированного ионита с соляной кислотой (HCl) составляет 5,8 мг-экв/г. Химическая реакция ионита PVC&PEI приведена ниже:

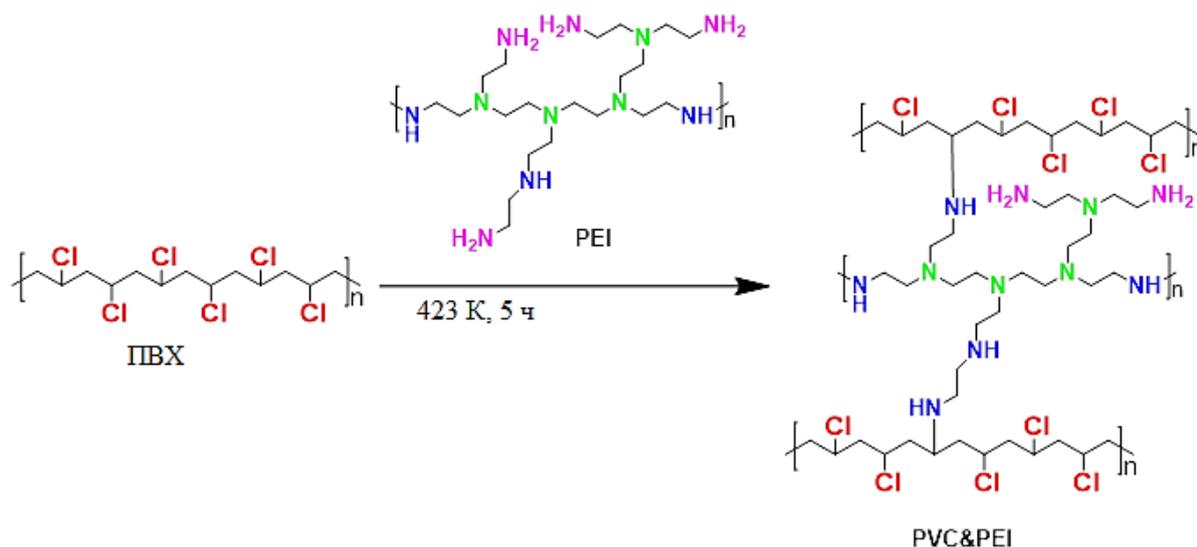


Рисунок 1. Синтез PVC&PEI

Синтез ПМК- Cu^0

Синтез ПМК- Cu^0 включает несколько этапов, начиная с приготовления 0,025; 0,05; 0,075; и 0,1 М раствора соли $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Ионы Cu^{2+} из раствора сорбируются на ранее синтезированном ионите PVC&PEI в статических условиях.

Далее синтезируется ПМК- Cu^{2+} ионно-матричным методом, при котором ионы Cu^{2+} образуют ионно-координационную связь с аминными группами, присутствующими в ионите. В результате образуется ПМК- Cu^{2+} , состоящий из металлической меди, связанной с ионитом.

Для получения ПМК-Cu⁰ необходимо восстановить ионы меди, входящие в состав ПМК -Cu²⁺. Для этого используется 1 М раствор NaOH, в процессе восстановления которого в материале образуются наночастицы металлической меди. В результате образуется ПМК-Cu⁰, который преимущественно содержит восстановленные наночастицы металлической меди в пораз ионита.

Антибактериальная активность

Антибактериальные свойства синтезированного полимер-металлического комплекса были изучены *in vitro* в отношении различных микроорганизмов. Антимикробную активность образцов оценивали с использованием диско-диффузионного метода на бактериях *E. Coli* и *S. aureus*, включая клинические изоляты. Для этого патогенные микроорганизмы были предварительно инкубированы в пептонной бульонной среде в течение 24 часов при температуре 37°C. Затем, взвесь патогенных и условно-патогенных тест-бактерий была равномерно распределена на чашках Петри с помощью стерилизованных ватных тампонов на агаре Миллера-Хинтона (TM Media, Индия). Исследуемые образцы, отмеренные весом 0,01 г гранулированного полимер-металлического комплекса, были увлажнены дистиллированной водой и помещены на агаризованную питательную среду с использованием пинцета. Чашки, засеянные патогенными и условно-патогенными культурами,

были слегка подсушены перед этим. Для того чтобы активные ингредиенты впитались в питательную среду, образцы были выдержаны в холодильнике при температуре +4°C в течение 2 часов. Далее бактерии были инкубированы в термостате при температуре 37°C в течение 16-18 часов. Антимикробную активность исследуемых веществ оценивали на основе размера зон, в которых наблюдалось снижение или полное прекращение роста тест-штаммов. Каждый эксперимент проводился в трех повторениях, и полученные значения были усреднены.

Результаты и их обсуждение

Рамановский спектроскопический анализ полимерно-металлического комплекса

Основная цель состоит в определении состава данного комплекса полимер-металл. Рамановская спектроскопия проводилась с использованием спектрометра Bruker BRAVO (примечание к продукту R35), который регистрировал широкий спектральный диапазон от 300 см⁻¹ до 3200 см⁻¹. Значимость этого исследования заключается в важности понимания текстуры и морфологии поверхности полимерных материалов, а также химических элементов, присутствующих в материале. Анализ спектра комбинационного рассеяния представлен на рисунке 2.

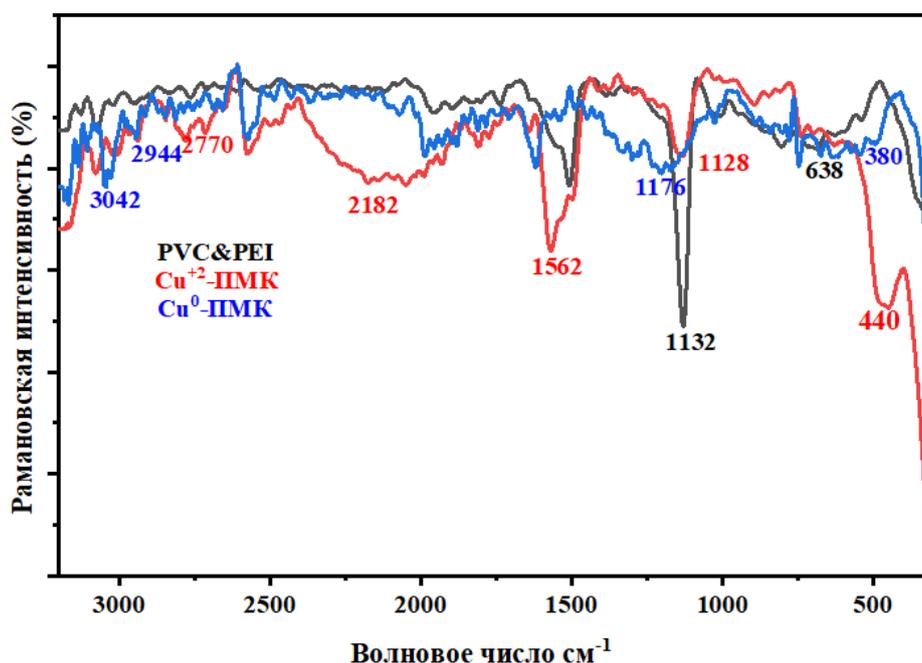


Рисунок 2. Рамановский спектр полимер-металлического комплекса

На рис. 2 в рамановском спектре комплекса полимер-Cu появилась новая колебательная область при 440 и 380 см⁻¹, которая отсутствует в анионообменнике PVC&PEI. Наличие деформационного колебания в области 1562 см⁻¹ свидетельствует о присутствии в синтезированном комплексе полимер-Cu групп C=O. В котором сдвиг колебательных полей аминной группы обусловлен связыванием

с ионом металла. А также поля колебаний 380 см⁻¹ и 440 см⁻¹ принадлежат связи Cu-O соответственно. Из смещения валентных и деформационных колебаний, связанных с первичными и вторичными аминогруппами в анионите PVC&PEI при образовании полимер-металлического комплекса, можно сделать вывод, что ионы металлов связаны с аминогруппами через ионно-координационную связь.

АСМ, СЭМ и ЭДС анализ полимерно-металлического комплекса

В целях изучения морфологии внешней структуры полимер-металлических комплексов были получены

микрофотографии с использованием сканирующего электронного микроскопа. Результаты микрофотографий представлены на последующих 3 и 4-рисунках.

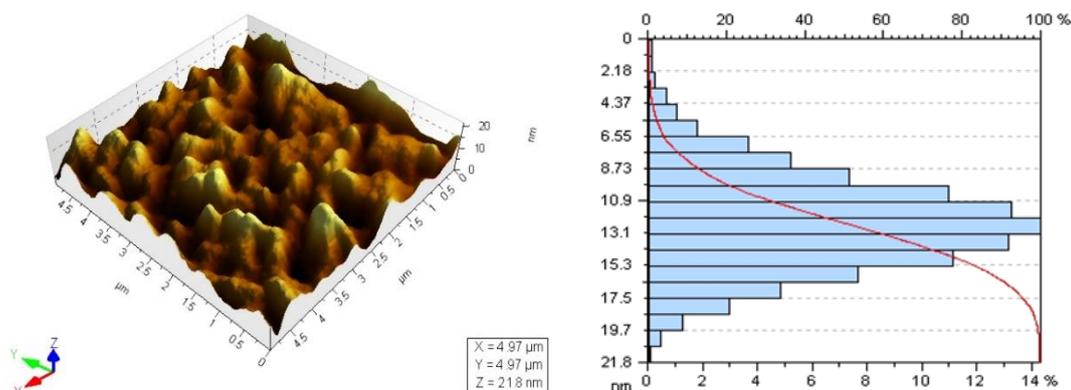


Рисунок 3. АСМ-изображения наночастиц металлов на поверхности полимер комплексных материал PVC&PEI-Cu⁰

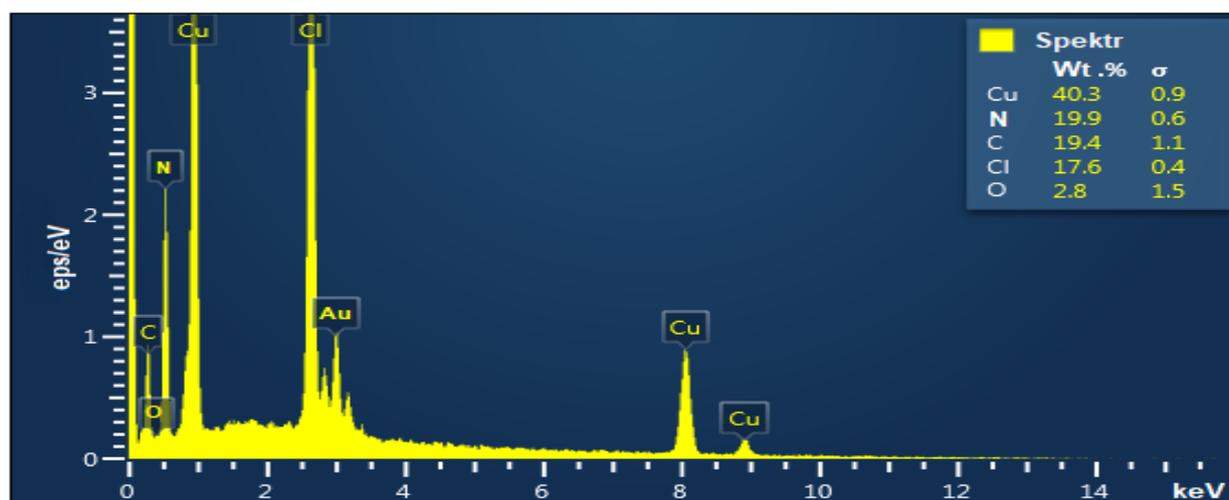


Рисунок 4. ЭДС-спектр и количественный анализ элементного состава PVC&PEI-Cu⁰

Из гистограммы медно-полимерного комплекса АСМ можно сделать вывод, что максимальный размер частицы металлической меди составляет 21 нм. Гистограмма АСМ Позволяет анализировать размеры и распределять частицы на поверхности образца с помощью атомно-силового микроскопа.

Из результатов энергодисперсионного спектрометрического анализа и анализа массовой доли элементов видно, что массовая доля меди составляет 40%. Частицы металла присутствуют на поверхности материала в атомарном и ионном состоянии, в форме солей. Ионы меди связаны с аминогруппой в анионите через ионно-координационную связь по механизму донор-акцептор. В результате синтеза был получен комплекс PVC&PEI-Cu⁰.

Антибактериальная активность

Для определения антибактериальных свойств комплекса полимер-металл был проведен тест

дисковой диффузии с использованием метода Кирби-Бауэра. Для этого были выбраны два типа патогенных бактерий: грамотрицательные штаммы (*E.coli*) и грамположительные штаммы (*S.aureus*). После 24-часовой инкубации образцов проводилось измерение зоны ингибирования вокруг антимикробного диска. Для сравнительного анализа были исследованы контрольные образцы, включая PVC&PEI и медь-полимерно-металлический комплекс. Антимикробная активность Cu-ПМК в отношении бактериальных штаммов *E. coli* и *S. aureus* представлена на рисунке 3. Вокруг полимер-металлического комплекса наблюдается явная зона ингибирования. Размер антибактериальной зоны для Cu- ПМК составляет $26 \pm 0,5$ мм для *E. coli* и $15,6 \pm 0,8$ мм для *S. aureus*. В анионите PVC&PEI антибактериальная зона не образовалась.

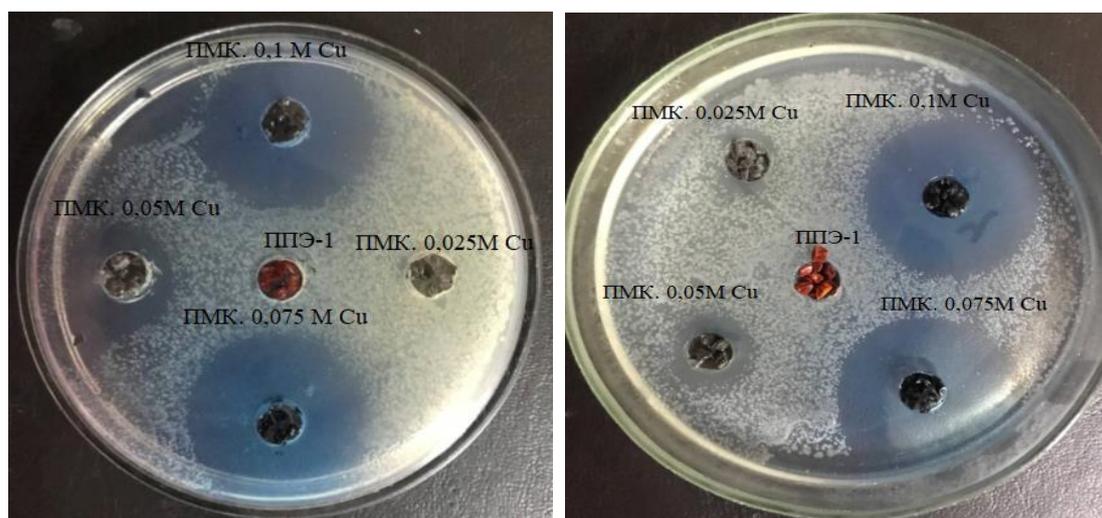


Рисунок 5. Антибактериальная активность комплекса медь-полимер-металл в отношении а) *E. coli* и б) *S. aureus* была оценена с помощью метода дисковой диффузии

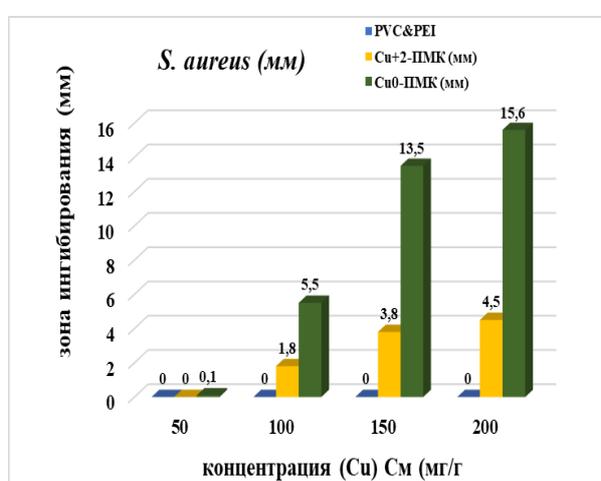
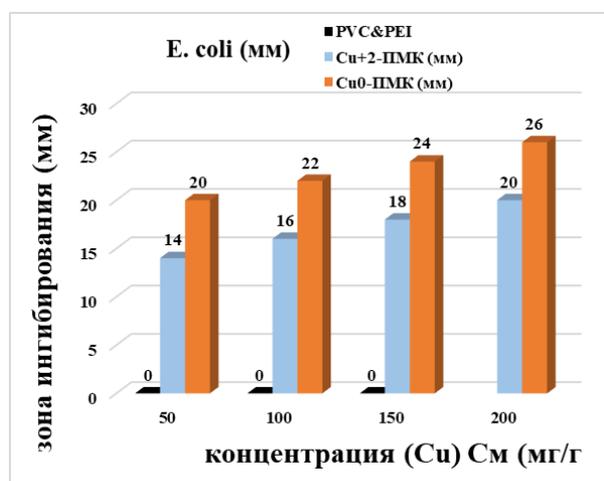


Рисунок 6. Иллюстрирует зависимость диаметра антибактериальной зоны от концентрации комплекса Cu-ПМК

Рисунок 6 наглядно демонстрирует антибактериальную активность образцов в отношении патогенных микроорганизмов, а также зависимость диаметра зоны от концентрации меди в синтезированном Cu-ПМК. Интересно отметить, что антибактериальная эффективность Cu-ПМК при концентрации 200 мг/г выше у *E. coli* по сравнению с бактериальным штаммом *S. aureus*.

Выводы

Ионы меди адсорбировались на анионообменнике PVC&PEI на основе поливинилхлорида и полиэтиленimina, а комплекс полимер-металл получался методом химического восстановления. Для определения структуры и состава синтезированного полимерного металлокомплекса использовались такие современные методы, как комбинационное рассеяние света, АСМ, СЭМ и ЭДС. Испытуемые

образцы проявили высокую антибактериальную активность в отношении грамотрицательных *E. coli* и *S. aureus* являющихся патогенными и условно-патогенными микроорганизмами. Диаметр антимикробной зоны комплекса PVC&PEI-Cu⁰ больше, чем у комплекса PVC&PEI-Cu⁺², что объясняется зависимостью от размера наночастиц меди на поверхности полимера и концентрации металла на поверхности полимера. Исследована зависимость диаметра антибактериальной зоны от концентрации сорбированной меди в Cu-ПМК. Cu-ПМК обладает способностью адсорбировать токсичные ионы тяжелых металлов из сточных вод и промышленных сточных вод, а также эффективно очищает воду от биологически загрязняющих микроорганизмов. Анион PVC&PEI, в свою очередь, лишен противомикробной активности и используется исключительно для очистки сточных вод путем сорбирования ионов тяжелых металлов.

Список литературы:

1. Sánchez-López E, Gomes D, Esteruelas G, Bonilla L, Lopez-Machado AL, Galindo R, Cano A, Espina M, Ettcheto M, Camins A, et al. Metal-Based Nanoparticles as Antimicrobial Agents: An Overview. *Nanomaterials*. 2020; 10(2):292. <https://doi.org/10.3390/nano10020292>
2. Cao R, Zhai X, Li X, Zhao X. Antibacterial properties of a novel nano-silver loaded poly(styrene-co-acrylic) composites. *Polymers and Polymer Composites*. 2021. –Vol. 29(9).- pp. 1017-1022.
3. Chauhan, D., Afreen, S., Mishra, S. & Sankaramakrishnan, N. Synthesis, characterization and application of zinc augmented aminated PAN nanofibers towards decontamination of chemical and biological contaminants. // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2017. –Vol. 55. -pp. 50–64.
4. Liu, Y. et al. Effective antibacterial activity of degradable copper-doped phosphate-based glass nanozymes. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2021.-Vol. 13. –pp. 11631-11645.
5. Dorian A.H. Hanaor, Maliheh Ghadiri, Wojciech Chrzanowski and Yixiang Gan. Scalable Surface Area Characterization by Electrokinetic Analysis of Complex Anion Adsorption // *American Chemical Society*. 2014. -Vol. 30. -pp 15143–15152. delivery applications. // *Biochem. Eng. J.* 2014. –Vol. 90. –pp. 79–89.
6. A Zambare, T. Nerpagar N. Chaudhari P. Manchalwad S. Harke. Synthesis of silver nanoparticles and their antibacterial activity. // *Int. J. Nano Dimens*. 2014. –Vol.5. -pp. 569-573.
7. Y. Savelyeva, A. Gonchara, B. Movchanb, A. Gornostayb, S.Vozianovc, A. Rudenkoc, R. Rozhnovaa, T. Travinskayaa. Antibacterial polyurethane materials with silver and copper nanoparticles // *Materials Today: Proceedings*. 2017. – Vol. 4. -pp. 87–94.
8. Diez-Pascual AM. Recent Progress in Antimicrobial Nanomaterials. *Nanomaterials (Basel)*. 2020 Nov 23; 10(11):2315. doi: 10.3390/nano10112315. PMID: 33238368; PMCID: PMC7700142.
9. Croisier, F. & Jérôme, C. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering // *Eur. Polymer J.* 2013. –Vol. 49. – pp. 780–792.
10. Ashfaq M., Verma N., Khan S. Highly effective Highly effective Cu/Zn-carbon micro/nanofiber-polymer nanocomposite-based wound dressing biomaterial against the *P. aeruginosa* multi- and extensively drug-resistant strains. // *Mater. Sci. Eng. C*. 2017. –Vol. 77.-pp. 630–641.
11. Manoj B. Gawande, Anandarup Goswami, Francois-Xavier Felpin, Tewodros Asefa, Xiaoxi Huang, Rafael Silva, Xiaoxin Zou, Radek Zboril, and Rajender S. Varma Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis/ *Chem. Rev.* 2016. –Vol. 116.-pp. 3722–3811.
12. Carlos A.P. Bastos, Nuno Faria, John Wills, Per Malmberg, Nathalie Scheers, Paul Rees, Jonathan J. Powell, Copper nanoparticles have negligible direct antibacterial impact, *NanoImpact*, Volume 17, 2020, 100192, ISSN 2452-0748, <https://doi.org/10.1016/j.impact.2019.100192>.
13. Prado JV, Vidal AR, Duran TC, Application of copper bactericidal properties in medical practice. *Rev Med Chil*. 2012. –Vol. 140. –pp. 1325-1332.
14. M. Mukhamediev, D. Bekchanov, New Anion Exchanger Based on Polyvinyl Chloride and Its Application in Industrial Water Treatment. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2019.-Vol. 92.- pp. 1499-1505.
15. Lieberzeit, P., Bekchanov, D. & Mukhamediev, M. Polyvinyl chloride modifications, properties, and applications. *Polymers for Advanced Technologies* 2022.- Vol. 33.- pp. 1809-1820.

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ****Нажимова Нурсулыу Базарбаевна**

ассистент

*Нукусского горного института
при Навоийском государственном
горно-технологическом университете,
Республика Узбекистан, г. Нукус***Сейтназарова Оксана Муратбаевна**

доцент

*Каракалпакского государственного университета,
Республика Узбекистан, г. Нукус***Абдикамалова Азиза Бахтияровна**

д-р хим. наук,

*Институт общей и неорганической химии АНРУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: aziza.abdik@gmail.com***PROBLEMS OF WATER PURIFICATION USING WATER-SOLUBLE POLYMERS****Nursulu Najimova**

Assistant

*of the Nukus Mining Institute
at the Navoi State Mining and Technological University,
Republic of Uzbekistan, Nukus***Oksana Seytnazarova**

Associate Professor

*of Karakalpak State University,
Republic of Uzbekistan, Nukus***Aziza Abdikamalova**

Doctor of Chemical Sciences,

*Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

Обзорная статья рассматривает применение водорастворимых полимеров в процессе очистки воды, с акцентом на использование флокулянтов. Описаны проблемы существующих методов очистки, а также преимущества и ограничения применения полимеров в этой области. Обзор включает анализ синтеза катионных и амфотерных флокулянтов, исследование их эффективности и методов инициирования. Авторы подчеркивают важность экологической безопасности и адаптации методов для различных типов воды.

ABSTRACT

This review article explores the application of water-soluble polymers in the water purification process, with a focus on the use of flocculants. The challenges of existing purification methods, as well as the advantages and limitations of polymer utilization in this field, are described. The review encompasses an analysis of the synthesis of cationic and amphoteric flocculants, the investigation of their effectiveness, and initiation methods. The authors emphasize the importance of environmental safety and the adaptation of methods for various water types.

Ключевые слова: очистка воды, водорастворимые полимеры, флокулянты, синтез, эффективность, амфотерные полимеры, катионные мономеры.

Keywords: water purification, water-soluble polymers, flocculants, synthesis, effectiveness, amphoteric polymers, cationic monomers.

Проблемы очистки воды – это широкая область, требующая комплексного подхода и использования различных технологий и методов. Одним из возможных решений является использование водорастворимых полимеров в качестве флокулянтов для очистки воды.

Однако, использование водорастворимых полимеров для очистки воды также связано с некоторыми проблемами. Например, некоторые полимеры могут быть токсичными и вызывать негативное воздействие на окружающую среду, если они попадают в водные системы. Кроме того, некоторые полимеры могут оказаться неэффективными при очистке определенных типов воды, таких как воды с высоким содержанием минералов или органических веществ.

Поэтому, при выборе полимеров для очистки воды, необходимо учитывать не только их эффективность, но и их экологическую безопасность и пригодность для работы с конкретными типами воды [14].

Наиболее распространенным полимером, используемым в процессе очистки воды, является полиакриламид и его производные [28]. В целом, данный полимер представляет собой наиболее широко применяемый в настоящее время водорастворимый полимер. Исследователи пытались заменить полиакриламид на другие флокулянты из-за канцерогенной и токсичной природы акриламида, однако на сегодняшний день нет других альтернатив, которые бы обладали такой же производительностью и преимуществами в стоимости [23].

Еще в ранних работах [4; 23;29] было показана перспективность ПАА при очистке воды, установлены механизмы взаимодействия с веществами в водной среде.

За последние 50 лет были использованы различные методы полимеризации для получения водорастворимых акриламидных полимеров, включая инициаторы свободных радикалов, электрохимическую инициацию, ультразвуковые волны, фотохимические сенсibilизаторы, ультрафиолетовое излучение, излучение, электронно-лучевое излучение и водную окислительно-восстановительную систему. Полимерные смолы акриламидов получают через облучение-иницированную шаблонную полимеризацию акриловой кислоты на акриламидных полимерах.

В статье [23] также отмечается, что свойства полученных полимерных материалов зависят от процесса полимеризации, экспериментальных условий и характера полимеризованного мономера. Одновременно, эти полимеры могут быть классифицированы как нейтральные, анионные, катионные и амфотерные, в зависимости от структурных единиц полимерных цепей.

Описываются методы получения водорастворимых полимеров и полимерных гелей, как гомополимеризационные, так и сополимеризационные процессы.

Для получения анионного полиакриламида акриламид сополимеризовали с акриловой кислотой/натриевой солью акриловой кислоты. Для получения катионного полиакриламида акриламид также сополимеризовали с диаллиламиновыми производными. Кроме того, терполимеризация акриламид/натриевая соль акриловой кислоты с диаллиламиновыми производными приводит к образованию амфотерных сополимеров. Также была использована техника полимеризации по шаблону для получения полимерных смол на основе акриламида путем полимеризации акриловой кислоты вместе с полиакриламидом и сополимерами акриламида в качестве шаблонных полимеров методом свободных радикалов.

Метод флокуляционной очистки воды является перспективным, так как он является эффективным и экономически выгодным способом очистки воды от твердых частиц и других загрязнителей. Он использует полимерные флокулянты для образования крупных агрегатов загрязнителей, которые легко отделяются от воды. Этот метод также может быть адаптирован для очистки различных типов воды, включая промышленные сточные воды и воду из природных источников. Он также является более экологически чистым, чем многие другие методы очистки, так как он не использует химические реагенты, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Флокулянты, которые растворяются в воде, являются важной частью систем, используемых для разделения твердых и жидких фаз в обработке различных видов промышленных сточных вод. Для эффективной очистки необходимо хорошо понимать процесс флокуляции, производить синтез полимеров, оценивать характеристики и эффективность флокуляции в конкретных условиях. Статья [32] направлена на предоставление обзора современных исследований в этой области. Рассмотрены последние достижения в использовании био/натуральных, синтетических и стимулируемых флокулянтов, а также описаны основные инструменты полимерной реакционной инженерии, которые используются для контроля микроструктуры флокулянта. Также кратко обсуждаются методы количественной оценки микроструктуры флокулянта и методы измерения сил взаимодействия частицы-полимера и оценки флокуляции/осаждения с учетом характеристик структур агрегатов.

Флокуляция с использованием ВП – это комплексный процесс, включающий физические, химические и даже биологические воздействия, и на его эффект флокуляции влияют многие факторы, такие как характеристики флокулянта, конструкция процесса и

качество сточных вод [10]. Флоккулянт проявляет наилучший эффект только при разумном подборе каждого фактора. Следовательно, необходимо изучить факторы, влияющие на эффект флокуляции ВП, т.к.: вязкость, степень катионной активности, количество, рН очищенных сточных вод, время перемешивания и отстаивания при флокуляции. Разумная настройка всех этих параметров имеет решающее значение для эффекта флокуляции СРАМ [27].

В зависимости от размера молекул полимера в растворе и свойств поверхности частиц могут происходить два основных типа флокуляции: мостовая и нейтрализация заряда. Если адсорбированная полимерная цепь достаточно длинная, чтобы вытянуть свои сегменты (петли и хвосты) в растворе на расстояние, превышающее толщину электрического двойного слоя в два раза, то есть вероятность, что она адсорбируется на нескольких частицах, что даст доступ к мостовой флокуляции. С другой стороны, короткие цепочки полиэлектролитов (заряженные полимеры) часто вызывают флокуляцию за счет сжатия толщины двойного слоя, позволяя частицам агрегироваться из-за сил притяжения ван-дер-Ваальса. Они также могут создавать участки с противоположными зарядами на поверхности частиц, заставляя их агрегироваться при контакте с голыми поверхностями других частиц. Оба механизма классифицируются как коагуляция.

Флокуляция посредством мостов связи или нейтрализации заряда (коагуляция), тем не менее, не являются взаимоисключающими. Возможно, что флокуляция может происходить в результате сочетания эффектов нейтрализации заряда и мостов связи, как это бывает при использовании полиэлектролитов высокой молекулярной массы. Еще один возможный механизм для агрегации частиц называется "дефицитной" флокуляцией. Когда полимеры не адсорбируются на поверхности частиц, и концентрация частиц в суспензии низкая, концентрация непоглощенных полимерных цепочек в промежутках между частицами меньше, чем в объемной фазе. В этом случае жидкость вытекает из промежутков между частицами в направлении объемной фазы (аналогично осмотическому эффекту), вызывая агрегацию частиц из-за сил притяжения ван-дер-Ваальса [17].

Для определения степени флокуляции, описываемой Грегори как равновесной и неравновесной, кроме скорости адсорбции полимера и столкновения частиц, важна также скорость релаксации адсорбированных полимерных цепей на поверхности частиц (в конечном итоге принимающих форму сплюснутых конформаций). В случае неравновесной флокуляции, адсорбированный полимер все еще находится в растянутом состоянии при столкновении частиц, тогда как в равновесной флокуляции скорость релаксации цепей на поверхности быстрее частоты столкновения частиц, что препятствует мостовой флокуляции. Время релаксации может колебаться от долей секунды [9] до нескольких секунд [6] или более в зависимости от характеристик заряда полимера/частиц, скорости адсорбции и количества адсорбированного полимера.

В ранних исследованиях моделирование процесса флокуляции с использованием полимерных материалов были разработаны, игнорируя кинетику адсорбции полимера. В [1], работе авторы учитывают кинетику адсорбции в виде эмпирических параметров в скорости агрегации. Однако, как показала практика данный взгляд не достаточно правильный подход для решения и описания флокуляционных процессов [32]. Интересной темой исследования в этой области является связывание кинетики адсорбции полимера и динамики реконформации полимера с скоростью агрегации частиц и последующего разрушения агрегатов под действием сдвигового напряжения, чтобы полностью моделировать процесс флокуляции [16].

Средняя молекулярная масса, химический состав и архитектура (разветвленная или линейная) являются основными характеристиками полимерного флокулянта. В зависимости от используемого мономера (мономеров) синтетические флокулянты могут быть классифицированы по их заряду как положительно заряженные, отрицательно заряженные, нейтральные или, в некоторых случаях, амфотерные [3;19]. Они также могут быть классифицированы по их архитектуре как линейные, разветвленные, гиперразветвленные или привитые. Один флокулянт может быть ионным и разветвленным, или он может быть ионным и также содержать гидрофобные компоненты-сополимеры, которые в значительной степени определяют его эффективность в определенном стоке.

Катионные флокулянты широко применяются для флокуляции отрицательно заряженных частиц в различных отраслях, в том числе при очистке сточных вод. Катионные мономеры, используемые для синтеза катионных флокулянтов, обычно менее доступны и стабильны по сравнению с неионными мономерами. Для получения катионных флокулянтов могут использоваться четвертичные соединения аммония, сульфония и фосфония [15]. Метакрилоилоксиэтилхлорид триметиламмония (DMC), акрилоилоксиэтил триметиламмония хлорид (DAC), диаллилдиметиламмония хлорид (DADMAC), 2-(акрилоилокси)этил триметиламмония хлорид (AETAC) и акриламид пропилтриметиламмония хлорид (APTAC) являются наиболее распространенными катионными мономерами для синтеза катионных флокулянтов. Катионные мономеры могут использоваться для синтеза катионных гомополимеров или для сополимеризации с неионными мономерами, особенно с акриламидом, для получения флокулянтов с нужной плотностью заряда [2; 15; 37].

В этой области УФ-инициированной полимеризации для приготовления органических флокулянтов было проведено множество исследований [5; 26; 41]. Например, Zheng и др. [41] синтезировали терполимер АМ, DAC и бутилакрилата с помощью УФ-инициированной полимеризации и проанализировали его молекулярную структуру.

Zhang и др. [38] осуществили синтез сополимеров акриламида (АМ) и хлорида акрилоилоксиэтилтриметиламмония (DAC) при помощи УФ-инициированной полимеризации в присутствии

натрия полиакрилата в качестве шаблона. По сравнению с случайно распределенным сополимером, микроблочная структура показала более высокую эффективность во флокуляции активированного ила. В результате тестов флокуляции были достигнуты более высокие скорости осаждения с формированием более крупных и плотных сверток. Это улучшение производительности было связано с более эффективным поглощением и нейтрализацией заряда катионных микроблоков. Тем не менее, было проведено мало исследований по поводу того, как улучшить эффективность флокуляции СРАМ, приготовленного с использованием УФ-инициированной полимеризации.

Был синтезирован новый катионный полиакриламид (СРАМ), [24] на основе акриламида (АМ) и метакрилоксиэтилтриметиламмония хлорида (DMC) через иницирование ультрафиолетовым излучением при низком давлении. Синтезировали различные классы поли(АМ-со-DMC) с различным содержанием DMC (от 10 до 40 %) и проверили флокуляцию 0,1 вес.% суспензии каолина. Результаты показали, что полимер с 40% катионного мономера был наиболее эффективен в снижении мутности при pH 4,0.

В данном [22] исследовании был синтезирован катионный полиакриламидный флокулянт с устойчивостью к кислотам и щелочам (P(АМ-МАРТАС)) путем сополимеризации акриламида (АМ) и метакриламидопропилтриметиламмоний хлорида (МАРТАС) с помощью инновационной ультразвуковой иницирования. Структура и термические свойства декомпозиции полученного полимера были исследованы с помощью методов Фурье-инфракрасной спектроскопии (FTIR) и термогравиметрии/дифференциальной сканирующей калориметрии (TG/DSC), соответственно. Дегидратационная эффективность P(АМ-МАРТАС) была также оценена путем измерения мутности верхнего слоя, содержания влаги в осадке FCMS и химической потребности кислорода (COD) осадка. При концентрации P(АМ-МАРТАС) 40 мг/л и pH 10,0 мутность верхнего слоя составила 14,80 HE, содержание влаги в осадке FCMS - 83,72 %, а COD - 66,8%.

Флокулянты также могут содержать положительные и отрицательные заряженные группы (полиамфолиты). В более точной классификации, если заряды вводятся путем сополимеризации катионных и анионных мономеров, полимер называется амфотерным, тогда как если полимер состоит из мономера, который имеет как катионные, так и анионные группы (в целом с нулевым зарядом), он называется зwitterионным или бетаином [7]. Использование полиамфолитных флокулянтов желательно, когда нужно одновременно удалить более одного загрязнителя с противоположными зарядами из стоков.

Эти полимеры могут проявлять свою эффективность только в ограниченном диапазоне pH из-за их ограниченной растворимости в воде. Однако, если провести сополимеризацию (путем прививки) с катионными и анионными мономерами для получения амфотерного полимера, то его растворимость увеличится в более широком диапазоне pH, что сделает его более эффективным в качестве флокулянта [18].

Амфотерные полимеры, как правило, имеют нетто заряд, вызванный различной скоростью включения анионных/катионных со-мономеров. Особенно для частично гидрофобных мономеров могут наблюдаться ухудшения свойств в сточных водах с высокой концентрацией соли за счет разрушения цепей, вызванного экранированием заряда. В таких случаях, полезной альтернативой становятся зwitterионные полимеры (с нулевым нетто зарядом) [12; 36].

Исследования влияния pH на флокуляционную активность органических полимеров, в том числе СРАМ, показали, что эффективность флокуляции СРАМ ухудшается при значениях $\text{pH} \geq 8$. Это объясняется тем, что большое количество гидроксильных ионов в сточных водах нейтрализует положительный заряд СРАМ, что приводит к уменьшению его способности нейтрализовать заряд [31].

Были проведены исследования по замене мономера акриламида на другие вещества. В исследовании [23] был создан катионный сополимер метилакрилата и [2-(акрилоилокси)этил]триметиламмонийхлорида (ЭТАК) с различной плотностью заряда, используя метод эмульсионной полимеризации. Эксперименты по флокуляции глинистых суспензий и реальных сточных вод показали, что их флокулянт с плотностью заряда 55% был сравним с коммерческими флокулянтами на основе акриламида.

В 1980-х годах Evani and Rose [8] предложили концепцию гидрофобно-связывающих полимеров, которая заключается в добавлении небольшого количества гидрофобных групп в макромолекулярные цепи полимера. Гидрофобно-связывающий катионный полиакриламид (НАСРАМ) содержит гидрофобную группу, которая связывает органическое вещество и молекулу НАСРАМ в водном растворе, образуя крошечную гидрофобную область, способствующую агрегации частиц. Это явление называется гидрофобной ассоциацией [42], и оно позволяет использовать НАСРАМ в областях, где обычный полиакриламид не подходит.

В работе [13] проводятся результаты синтезов ряда частично гидрофобных сополимеров на основе полиакриламида и полиметилового эфира метакрилата окиси этилена (РАМ-со-poly(МЕА)), которые содержали различные сомомеры и гидрофобные цепи различной длины. Эти сополимеры были созданы для флокуляции глин в нефтеносных песках, где наблюдали увеличение скорости обезвоживания агрегатов в пять раз при увеличении длины гидрофобных цепей.

Ленг и его коллеги [20] создали композитный флокулянт из соли магния и поли(DADMAC), который был получен методом свободнорадикальной полимеризации и физически смешан с MgCl_2 в пяти различных соотношениях в водном растворе. Затем смеси выдерживались при комнатной температуре в течение 24 часов. Гибридные композитные флокулянты с 30 и 70 мас.% MgCl_2 были более эффективны в флокуляции 2 мас.% каолиновых суспензий, чем поли(DADMAC), а также более эффективно снижали мутность жидкости. Обычно поли(DADMAC)

флокулирует взвешенные частицы путем нейтрализации заряда и образования мостиков, однако добавление соли $MgCl_2$ в композитный флокулянт повысило его способность нейтрализовать поверхностный заряд. Авторы предположили, что $MgCl_2$ действовал как вторичный дестабилизатор, нейтрализовав некоторые из очень мелких взвешенных частиц.

Исследователи [25] создали серию линейных катионных диблочных наночастиц полимеров, используя полимеризационно-индуцированную самоассоциацию (PISA) через обратимый механизм переноса цепи фрагментации (RAFT) при водной дисперсионной полимеризации 2-гидроксипропилметакрилата (HPMA). Они использовали комбинацию неионных и катионных макромолекулярных RAFT-агентов, PEO113 и PQDMA125, соответственно. Максимальное количество стабилизирующего блока PQDMA125 было определено для достижения чистой морфологии макромолекул сополимера. Исследователи также подготовили сшитые катионные макромолекулы путем статистической сополимеризации GlyMA с HPMA, которые оставались целыми после адсорбции на кремнеземных частицах и оказались более эффективными мостовыми флокулянтами для 1,0 мкм кремнеземных частиц при pH 9, чем соответствующие линейные катионные макромолекулы или различные коммерческие высокомолекулярные водорастворимые полимеры. Лазерная дифракционная спектроскопия подтвердила образование кремнеземных агрегатов диаметром около 25-28 мкм с использованием сшитых полимеров и диаметром 3-5 мкм с использованием линейных катионных полимеров, в то время как сканирующая электронная микроскопия показала фрагментацию линейных червей в тех же условиях.

Различные факторы, которые могут влиять на флокуляцию и которые можно регулировать, включают тип и дозировку катионного полиакриламида (CPAM), pH сточных вод, время перемешивания и отстаивания. Настройка этих факторов имеет ключевое значение для достижения наилучшего эффекта флокуляции с использованием CPAM. В этом исследовании [11] были исследованы оптимальные условия флокуляции для нового типа CPAM. Сначала были проведены однофакторные эксперименты для изучения оптимального диапазона факторов, влияющих на флокуляцию CPAM. Затем были проведены тесты, используя методологию метода регрессионного анализа поверхности отклика (RSM), для более точного определения оптимальных значений влияющих факторов. Результаты показали, что эффект флокуляции был наилучшим, когда уровень степени заряда CPAM был выше или когда его собственная вязкость была выше. Дозировка CPAM, pH сточных вод и время перемешивания существенно влияли на флокуляционный эффект, и были выявлены точки оптимума. С использованием RSM была создана модель управления процессом флокуляции CPAM-8.14-40.2. Оптимизация этой модели показала, что оптимальные условия флокуляции CPAM-8.14-40.2 для очистки

сточных вод, содержащих каолин, включали следующие параметры: расход CPAM=5,83 мг/л, pH=7,28 и время перемешивания составляла 5,95 минут. При этом мутность очищенных сточных вод была снижена до 6.24 НТУ.

В своем исследовании Zhengan Zhang и соавт. использовали CPAM и хлорид кальция для очистки фотосинтезирующих сточных вод, что привело к снижению содержания Zn, TP и ХПК до уровней 0,44, 0,33 и 38,0 мг·л⁻¹ соответственно [39].

В водной фазе гидродинамический объем гидрофобно ассоциирующего катионного полиакриламида (НАСПАМ) уменьшался из-за гидрофобного взаимодействия, а при этом маслосодержащие сточные воды с более высоким содержанием гидрофобных органических соединений могли образовывать мицеллы с гидрофобной группой во флокулянте [30]. Благодаря катионным группам на флокулянте, было лучше нейтрализовано заряд с отрицательно заряженными каплями нефти. Поэтому НАСПАМ широко используется в очистке сточных вод, содержащих нефть.

Li и др. [22] использовали бутилакрилат в качестве гидрофобного мономера для обработки сточных вод нефтяного месторождения Шенгли, эффект которого показал, что максимальный уровень удаления нефти достиг 93% при оптимальных условиях, и по сравнению с другими флокулянтами, добавление гидрофобных групп было более эффективным для удаления нефти.

Zhao и др. [40] использовали винилтриметоксисилан (VTMS) в качестве гидрофобного мономера для синтеза P (DMDAAC-AM-VTMS). Данный флокулянт показал более высокую эффективность удаления нефти, чем PDADMAC. Yang et al. [49] также синтезировали P (AM-DMDAAC-BA) и исследовали его эффективность удаления нефти, результат которого показал, что наибольший уровень удаления нефти достиг 93,4% при дозировке 50 мг/л, совместное использование с $Al_2(SO_4)_3$ для удаления нефти было более эффективным, чем другие доступные на рынке флокулянты на основе полиакриламида.

Последние применения различных водорастворимых синтетических полимеров, таких как полиэтиленгликоль, поливиниловый спирт, полиакриламид, поливинилпирролидон и поли(N-изопропилакриламид), были подведены итоги в кратком обзоре [34]. Обзор подчеркивает умные функции и точное структурное управление, которые можно достичь с использованием этой категории материалов через манипулирование прочными гидрофильными взаимодействиями.

В работе [35] исследовали применение водорастворимых PEG и PEO в процессе флокуляции для удаления коллоидного алюминия из воды в качестве средства очистки сточных вод. Их исследование включало исследование способностей этих полимеров к флокуляции, и результаты показали, что наиболее эффективная флокуляция суспензии алюминия происходит при pH 9 при использовании PEO с молекулярной массой 218 000. В целом их результаты

показывают, что водорастворимые PEG и PEO являются очень эффективными в удалении коллоидов из воды. Эти авторы изучили другие полимеры (ионный ПАМ) [35] для регулирования устойчивости системы с оксидом алюминия, и сделанные научные данные в результате данных исследований имеют несомненную практическую значимость во многих отраслях, включая химическую, фармацевтическую, пищевую, автомобильную технику, электротехнику, производства косметики, керамики и др.

Заключение

В заключение, проблемы, связанные с очисткой воды, представляют собой сложную область, требующую глубокого и комплексного подхода. Использование водорастворимых полимеров в качестве флокулянтов для очистки воды – это одно из перспективных решений, которое может значительно улучшить процессы очистки и сделать их более эффективными и экологически безопасными.

Однако, при рассмотрении этого подхода необходимо учитывать не только высокую эффективность полимерных флокулянтов, но и их воздействие на окружающую среду. Неконтролируемое использование токсичных полимеров может привести к негативным последствиям для экосистем водных

систем. Поэтому выбор полимеров должен основываться на экологической безопасности, а также на адаптированности к различным типам воды, включая воды с разным содержанием минералов и органических веществ.

Среди разнообразия водорастворимых полимеров, полиакриламид и его производные выделяются как широко используемые и эффективные флокулянты. Несмотря на некоторые заботы относительно токсичности акриламида, альтернативы с аналогичной производительностью и доступной стоимостью пока не представляются доступными.

Исследования в этой области продолжаются, и важно стремиться к разработке новых, более безопасных и эффективных полимерных материалов для очистки воды. С учетом разнообразных методов полимеризации и создания полимерных смол, можно продолжать исследовать оптимальные процессы для получения полимеров, которые сочетают высокую очистительную способность с минимальными негативными воздействиями.

Несмотря на все сложности, связанные с очисткой воды, современные исследования и разработки в области водорастворимых полимеров и методов их применения в процессе очистки воды продолжают создавать новые перспективы для улучшения качества водных ресурсов и охраны окружающей среды.

Список литературы:

1. Agne Swerin, Lars Ödberg, Lars Wågberg. An extended model for the estimation of flocculation efficiency factors in multicomponent flocculant systems // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol. 113, Is. 1–2. 1996. P. 25–38. [https://doi.org/10.1016/0927-7757\(95\)03506-0](https://doi.org/10.1016/0927-7757(95)03506-0).
2. Andrew B.L., Charles L.M. Reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) radical polymerization and the synthesis of water-soluble (co)polymers under homogeneous conditions in organic and aqueous media // *Progress in Polymer Science*. Vol. 32. Is. 3. 2007. P. 283–351. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.11.003>.
3. Badrus Zaman A.R., Rafique R.F.A., Jusoh A. Investigation on the Potential Use of Natural Coagulants in Water Treatment: A Review // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. P. 852: 012014.
4. Black A.P., Birkner F.B., Morgan J.J. Destabilization of Dilute Clay Suspensions With Labeled Polymers. *Journal AWWA*. 1965. Vol. 57(12). P. 1547–1560. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1965.tb01542.x>
5. Dao Vu H., Cameron Neil R., Saito Kei. Synthesis, properties and performance of novel organic polymers employed in flocculation applications. // *Polymer Chemistry*. 2016. Vol. 7. No. 1. P. 11–25.
6. De Witt J.A., Van de Ven T.G. M. The role of adsorbed polymer in colloidal flocculation. *Langmuir*, 1992. Vol. 8. P. 788.
7. Dobrynin A.V., Colby R.H., Rubinstein M. Polyampholytes *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. Vol. 42 (19). P. 3513–3538.
8. El-hoshoudy A.N., Desouky S.E. M., Elkady M.Y., Al-Sabagh A.M., Betiha M.A., Mahmoud S. Hydrophobically associated polymers for wettability alteration and enhanced oil recovery – Article review // *Egyptian Journal of Petroleum*. 2017. Vol. 26(3). P. 757–762. doi:10.1016/j.ejpe.2016.10.008
9. Enarsson L.E., Wagberg L. Mechanisms behind polyelectrolyte adsorption on cellulose fibers studied by quartz crystal microbalance with dissipation monitoring and surface force measurements. *Langmuir*, 2008. Vol. 24. P. 7329.
10. Fan Y., Ma X., Dong X. Feng Z., Dong Y. Characterisation of floc size, effective density and sedimentation under various flocculation mechanisms // *Water Science and Technology*. 2020. Vol. 827. P. 1261–1271.
11. Fu C., Zhang Z., Li Y., Li L., Wang H., Liu S., Hua X., Li B. Optimizing the Flocculation Effect of Cationic Polyacrylamide Prepared with UV-Initiated Polymerization by Response Surface Methodology // *Water*. 2023. Vol.15(6):1200. <https://doi.org/10.3390/w15061200>.
12. Gui Z., Qian J., An Q., Xu H., Zhao Q. Synthesis, characterization and flocculation performance of zwitterionic copolymer of acrylamide and 4-vinylpyridine propylsulfobetaine // *European Polymer Journal*. 2009. Vol. 45. No.5. P. 1403–1411.

13. Hripko R., Vajihinejad V., LopesMotta F., Soares J.B.P. Enhanced Flocculation of Oil Sands Mature Fine Tailings Using Hydrophobically Modified Polyacrylamide Copolymers // *Global Challenges*. 2018. Feb. 23 Vol. 2(3):1700135. doi: 10.1002/gch2.201700135. PMID: 31565327; PMCID: PMC6607254.
14. Huppertsberg, S., Zahn, D., Pauelsen, F., Reemtsma, T., Knepper, T.P., Making waves: Water-soluble polymers in the aquatic environment: An overlooked class of synthetic polymers? // *Water Research*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115931>.
15. Jaeger W., Bohrisch J., Laschewsky A. Synthetic polymers with quaternary nitrogen atoms—Synthesis and structure of the most used type of cationic polyelectrolytes // *Progress in Polymer Science*. 2010. Vol. 35(5). 511577. 10.1016/j.progpolymsci.2010.01.002
16. Jeldres R.I., Fawell P.D., Florio B.J. Population balance modelling to describe the particle aggregation process: A review // *Powder Technology*. 2018. Vol. 326. Vol. 190–216.
17. Jenkins P., Snowden M. Adsorption of surfactants and polymers at interfaces // *Advances in Colloid and Interface Science*. 1996. Vol. 68. P. 57–146. DOI: 10.1016/S0001-8686(96)00283-9.
18. Kono Hiroyuki, Ryo Kusumoto. Preparation, structural characterization, and flocculation ability of amphoteric cellulose // *Reactive & Functional Polymers*. 2014. Vol. 82. P. 111–119.
19. Lee C.S., Robinson J., Chong M.F. A Review on Application of Flocculants in Wastewater Treatment // *Process Safety and Environmental Protection*. 2014. Vol. 92. P. 489–508.
20. Leng C.H., Razali M.A.A., Rosdi M.R.H., Ariffin A. Composite flocculants based on magnesium salt–polydi-allyldimethylammonium chloride: Characterization and flocculation behaviour // *RSC Advances*. Vol. 5 (66). P. 53462-53470.
21. Li C.X., Yue Q.Y., Lu L., Gao B.Y., Yang Z.L., Si X.H., Ni S.Q., Wang Y.F. Synthesis and Application of Hydrophobically Associating Cationic Polyacrylamide // *Journal of Shangdong University*. 2008. Vol. 38 (99). P. 3769–3773.
22. Li X., Yang B., Shou Q., Zeng G., Wu P. Ultrasonic Assisted Synthesis of Cationic Polyacrylamide and Its Dewatering Performance Evaluation // *Chemical Engineering Communications*. 2018. Vol. 205 (7). P. 950–959. doi: 10.1080/00986445.2018.1465243
23. Lu L., Pan Z., Hao N., Peng W. A novel acrylamide-free flocculant and its application for sludge dewatering // *Water Research*. 2014. Vol. 15 (57) P. 304–312. doi: 10.1016/j.watres.2014.03.047. Epub 2014 Apr 1. PMID: 24731856.
24. Lu L., Pan Z., Hao N., Peng W. A novel acrylamide-free flocculant and its application for sludge dewatering // *Water Research*. Vol. 57. P. 304-312. doi:10.1016/j.watres.2014.03.047.
25. Ma J., Fu K., Fu X., Guan Q., Ding L., Shi J., Zhu G., Zhang X., Zhang S., Jiang L. Flocculation properties and kinetic investigation of polyacrylamide with different cationic monomer content for high turbid water purification // *Separation and Purification Technology*. 2017. Vol. 182. P. 134–143.
26. Penfold N.J. W., Ning Y., Verstraete P., Smets J., Armes S.P. Cross-linked cationic diblock copolymer worms are superflocculants for micrometer-sized silica particles // *Chemical Science*. 2016. Vol. 7. P. 6894–6904.
27. Punyani S, Singh H. Synthesis, characterization, and antimicrobial properties of novel quaternary amine methacrylate copolymers // *Journal of Applied Polymer Science*. 2008. Vol. 107. P. 2861–2870.
28. Sang Y., Lin A., Liu X. Population balance modeling of cationic polyacrylamide (CPAM) induced flocculation process for lignin recovery from the pre-hydrolysis liquor of kraft pulping process // *Separation and Purification Technology*. 2019. Vol. 221. P. 152–158.
29. Siyam T. Development of acrylamide polymers for the treatment of waste water // *Designed Monomers and Polymers*. Vol. 4(2). P. 107–168. DOI: 10.1163/156855500300203377
30. Siyam T., Abdel-Hamid M.M., El-Naggar I.M. Synthesis and Characterization of Polyacrylamide-Acrylic Acid Resin and Its Use for Treatment of Radioactive Liquid Waste // *Journal of Macromolecular Science*. 1995. Part A, 32:sup1, 871-879, DOI: 10.1080/10601329508018978
31. Sun Y.J., Zheng H.L., Tan M.Z., Ma J.Y., Fan W., Liao Y. Synthesis and Application of Hydrophobically Associating Cationic Polyacrylamide // *Asian Journal of Chemistry*. 2014. Vol. 26(13). P. 3769–3773.
32. Szewczuk-Karpisz K., Fijałkowska G., Wiśniewska M., Wójcik G. Chromium (VI) reduction and accumulation on the kaolinite surface in the presence of cationic soil flocculant // *Journal of Soils and Sediments*. 2020. Vol. 20. P. 3688-3697.
33. Vajihinejad V., Gumfekar S.P., Bazoubandi B., Najafabadi Z.R., & Soares J.B. P. Water Soluble Polymer Flocculants: Synthesis, Characterization, and Performance Assessment // *Macromolecular Materials and Engineering*. 2019. Vol. 304. 1800526. doi:10.1002/mame.201800526.
34. Wiśniewska M., Chibowski S., Urban T. Investigation of the stability of an alumina suspension in the presence of ionic polyacrylamide // *Thin Solid Films*. Vol. 520(19). P. 6158–6164. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2012.05.034>
35. Wiśniewska M., Chibowski S., Urban T. Investigations of flocculation possibilities of the water alumina suspension in the presence of nonionic polymer // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2013. Vol. 19(2). P. 582–587. doi: 10.1016/j.jiec.2012.08.010.

36. Wiśniewska M., Terpiłowski K., Chibowski S., Urban T., Zarko V.I., Gun'ko V.M. Investigation of stabilization and destabilization possibilities of water alumina suspension in polyelectrolyte presence // *International Journal of Mineral Processing*. Vol.132. P. 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2014.08.007>
37. Xiao H., Hu J., Jin S., Li R.H. Synthesis and Solution Properties of Zwitterionic Copolymer of Acrylamide with 3-[(2-Acrylamido)dimethylammonio]propanesulfonate // *Bulletin of the Korean Chemical Society*. 2013. Vol. 34(9). P. 2616–2622. <https://doi.org/10.5012/BKCS.2013.34.9.2616>.
38. Xu L., Zhai M., Huang L., Peng J., Li J., Wei G. Specific stimuli-responsive antipolyelectrolyte swelling of amphiphilic gel based on methacryloxyethyl dimethyloctane ammonium bromide // *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*. 2008. Vol. 46. P. 473–80.
39. Zhang Z., Zheng H., Huang F., Li X., He S., Zhao C. Template Polymerization of a Novel Cationic Polyacrylamide: Sequence Distribution, Characterization, and Flocculation Performance // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2016. Vol. 55. P. 9819–9828.
40. Zhang Z., Zheng H., Sun Y., Zhao C., Zhou Y., Tang X., Zhao C. A combined process of chemical precipitation and flocculation for treating phosphating wastewater // *Desalination and Water Treatment*. 2016. Vol. 57. 25520-25531.
41. Zhao H.Z., Luan Z.K., Gao B.Y., Yue Q.Y. Synthesis and characterization of copolyimides derived from 2,2'-bis(3,4-dicarboxyphenyl) hexafluoropropane dianhydride and aromatic diamines // *Journal of Applied Polymer Science*. 2002. Vol. 84(2). P. 335–342.
42. Zheng H., Sun Y., Guo J., Li F., Fan W., Liao Y., Guan Q. Characterization and Evaluation of Dewatering Properties of PADB, a Highly Efficient Cationic Flocculant // *Industrial & Engineering Chemistry Research* 2014. Vol. 537. P. 2572–2582.
43. Zhu Z., Jian O., Paillet S., Desbrières J., Grassl B. Hydrophobically modified cationic polyacrylamides: synthesis and characterization // *European Polymer Journal*. 2007. Vol. 43(2). P. 824-834.

ИЗОТЕРМА АДСОРБЦИИ ПАРОВ ВОДЫ НА ПОЛУЧЕННЫХ АДСОРБЕНТАХ**Жумаева Дилноза Жураевна**

д-р техн. наук (DSc), проф.
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: d.jumayeva@list.ru

Барноева Сайёра Бобомуродовна

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: barnoevasayyora@gmail.com

Ахророва Раъно Олим кизи

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: rano.ahrorova@icloud.com

Хошимов Шахром Мансуржон угли

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: izzat.dusimbatovich@gmail.com

Халимова Ойгул Бозоркуловна

базовый докторант
Национального университета Узбекистана,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: oygulxalimova001@gmail.com

ISOTHERM OF WATER VAPOR ADSORPTION ON THE OBTAINED ADSORBENTS**Dilnoza Jumaeva**

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayyora Barnoeva

Basic doctoral student,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Rano Akhrorova

Basic doctoral student,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shaxrom Hoshimov

Basic doctoral student,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Oyguł Xalimova

Basic doctoral student,

 Institute of General and Inorganic Chemistry,
 Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
 Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Представленные в статье результаты исследования изотермы адсорбции паров воды на мезопористых адсорбентах на основе кремния были проведены в вакуумном адсорбционном устройстве с кварцевыми пружинами. По результатам построения изотермы определяли удельную поверхность ($S_{уд}$) кремнеземного адсорбента по уравнению БЭТ. Изучены адсорбционные (сорбционно-структурные и объемные) характеристики сорбции воды в образцах: объем насыщения пор, размер монослоя, размер пор, мезопор и микропор.

ABSTRACT

The results of the study of the adsorption isotherm of water vapor on mesoporous silicon-based adsorbents presented in the article were carried out in a vacuum adsorption device with quartz springs. Based on the results of constructing the isotherm, the specific surface area (S_s) of the silica adsorbent was determined using the BET equation. The adsorption (sorption-structural and volumetric) characteristics of water sorption in samples were studied: pore saturation volume, monolayer size, pore size, mesopores and micropores

Ключевые слова: изотерма, адсорбат, вода, удельная поверхность, насыщения пор, размер монослоя, сорбция, вакуумная установка.

Keywords: isotherm, adsorbate, water, specific surface area, pore saturation, monolayer size, sorption, vacuum unit.

Введение. Импорт адсорбентов для производственной отрасли Узбекистана влияет на экономику. Разработка адсорбентов на основе местного сырья и отходов и рекомендация их в качестве заменителя импортной продукции служит не только решению экономических, но и эколого-экологических проблем [1-3].

Сегодня для производства адсорбентов важно выбирать сырье, отвечающее требованиям его способности быть адсорбентами. К группе сырья, отвечающей этому требованию, относятся адсорбенты на основе угля [4-5], минералоглинового типа [6-8], древесины различных деревьев [9-10]. Они участвуют в процессе адсорбции между своими порами и слоями, основанном на механизме адсорбат-адсорбент. Кроме того, актуальным является их производство на основе некоторых видов отходного сырья, отвечающего требованиям адсорбента по химическому составу [11-12]. При этом в результате получения адсорбента с высокой адсорбционной активностью и пористостью можно получить импортозамещающий недорогой продукт.

Если считать рисовую шелуху отходом производства и с учетом ее химико-минералогического состава направить на производство адсорбента, то становится возможным использование адсорбентов с мезопористыми свойствами в различных областях промышленности. В исследованиях авторов [13-14] предложена технология извлечения оксида кремния из состава рисовой шелухи. В качестве темплата для оксида кремния был выбран силиказол, изучены изотермы адсорбции азота и изучены различные текстурные свойства [15].

Методика эксперимента. В данной исследовательской работе, являющейся продолжением предыдущей работы [16-17], была изучена изотерма адсорбции водяного пара адсорбентом на основе кремнезема, полученным из рисовой шелухи. Снятия изотерм адсорбции паров воды на кремнеземных

адсорбентах проводилось на вакуумной весовой адсорбционной установке с кварцевыми пружинными весами. Изотермы адсорбции адсорбатов (паров газов и жидкостей) на сорбентах изучали на высоковакуумных весах Мак-Бен-Бахра [17]. Прибор оснащен высокочувствительной кварцевой спиралью, уровень чувствительности которой равен 1,78-10⁻³ кг/м. Прибор Мак-Бенна-Бахра оснащен стеклянной колонкой, кварцевыми спиралями и контейнерами, то есть специальными чашками для адсорбентов. Адсорбционную колонку с образцами сорбента поддерживают при температуре 20°C с точностью до 0,1°C в водяном термостате. Форвакуумные и диффузионные насосы создают давление 10⁻⁵ мм рт. ст. в приборе, где происходит процесс адсорбции, создавая вакуум, разность давлений в U-образных манометрах измеряют с помощью катометра типа В-630. Выбранную в качестве адсорбата воду перед использованием в процессе сорбции очищали и сушили в условиях вакуума, замораживали до достижения давления ее паров, равного данным давления воды, приведенным в таблице, а затем нагревали для удаления из нее растворенных газов и используется в процессе адсорбции.

Результаты и их обсуждение. На полученных образцах была изучена изотерма адсорбции полярной молекулы (вода) в дополнение к молекуле бензола. Полученные результаты показаны на изотермы адсорбции паров воды на кремнеземных адсорбентах. На рис.1 приведены изотермы адсорбции паров воды на кремнеземных адсорбентах. Было обнаружено, что во всех исследованных системах изотермы первоначально резко повышаются до относительного давления $P/P_s=0,3$, затем медленно повышаются в диапазоне $P/P_s=0,4-0,7$ и снова резко повышаются в состояниях насыщения ($P/P_s=0,8-1,0$). Ранние стадии адсорбции протекают по мере того, как молекулы воды образуют комплексы с катионами, содержащими адсорбенты в виде $K^+(H_2O)_n$.

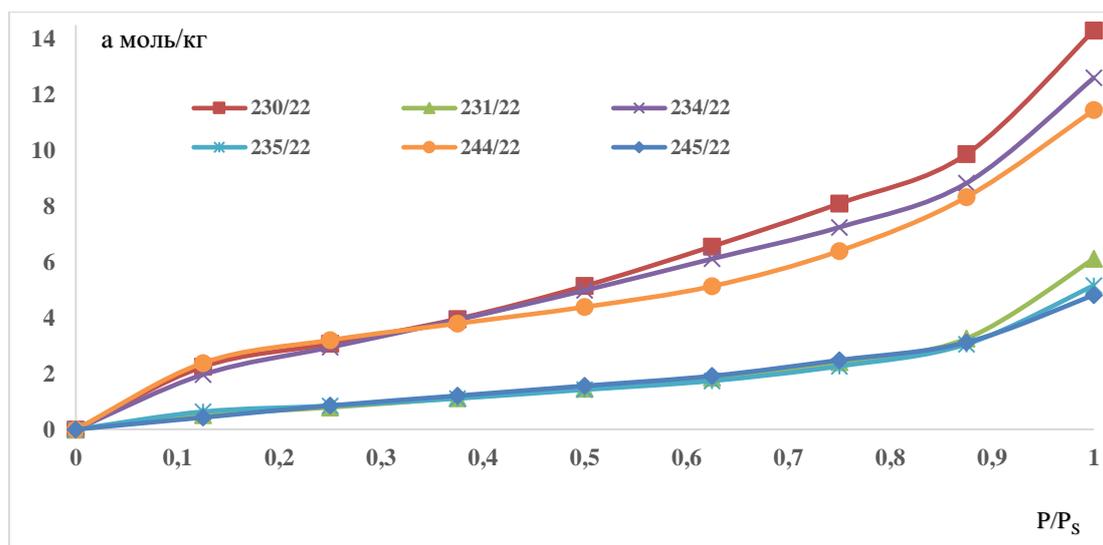


Рисунок 1. Изотерма адсорбции паров воды на кремнеземных адсорбентах

Более поздние стадии протекают с адсорбцией между верхними и нижними центрами с усилением адсорбции, а заключительные стадии - с капиллярной конденсацией. Изучение структуры пористости мезопор твердых тел часто связано с изотерм адсорбции IV типа. Этот тип изотермы характеризуется главным образом поглощением мезопор. При низком давлении начальная часть IV и II изотерм аналогична друг другу. Но изотерма IV типа смещается вверх от определенной точки, а затем ее наклон уменьшается при более высоких давлениях. При приближении к давлению насыщенного пара ($P/P_s=1$) величина адсорбции может значительно увеличиться. Значения дипольного момента полярного и неполярного,

природа адсорбентов и структура слоев адсорбента, расстояние между основаниями и объем пор, образующихся между этими слоями, а также радиус оказывают существенное влияние на величину адсорбции.

Молекулы с высоким дипольным моментом вода имеют низкий дипольный момент, это означает, что величина адсорбции по сравнению с нулевым значением молекул была высокой во всех образцах. Например, было обнаружено, что у образца 400°C (200 кДа) скорость адсорбции составляет 14,30 ммоль/г по сравнению с водой. Следовательно, влияние электронной природы адсорбента на применение адсорбентов в процессах адсорбции велико.

Таблица 1.

Структурно-сорбционные показатели полученных образцов на основе кремнеземных адсорбентов при адсорбции паров воды

№ образцов	Температура, °С, (кДа)	Объем монослоя, a_m , моль/кг	Удельный поверхность, $S \cdot 10^{-3}$, м ² /кг	Объем насыщения, a_s , моль/кг
230/22	400, (200)	2.38	154.71	14.30
231/22	650, (200)	0.645	41.91	6.11
234/22	400, (200)	2.304	149.79	12.61
235/22	650, (200)	0.645	41.91	5.16
244/22	400, (500)	2.347	152.60	11.45
245/22	650, (500)	0.669	43.52	4.81

На основе результатов изотермы полярной молекулы воды в кремнеземных адсорбентах были изучены сорбционно-структурные свойства, полученные результаты представлены в табл. 1. При наличии изотерм адсорбции паров воды на кремнеземных адсорбентах по важным параметрам сорбентов рассчитывали емкость монослоя a_m , объем насыщения V_s (или адсорбцию a_s) и их относительные поверхности $S_{уд}$.

Среди полученных кремнеземных адсорбентов оказались наибольшими удельная поверхность ($S_{уд}$) и объем насыщения (a_s) образца с массой 200 кДа, синтезированного при температуре 400°C. Также можно видеть, что удельная поверхность ($S_{уд}$) и объем насыщения (a_s) высоки в образце 244/22 500 кДа при 400°C. Видно, что удельная поверхность ($S_{уд}$) и объем насыщения (a_s) образца 230/22 являются самыми высокими среди полученных кремнеземных адсорбентов.

Таблица 2.

Показатели объема пор при адсорбции водяного пара на кремнеземных адсорбентах

№ образцов	Температура, °С, кДа	Объём микропор, $W_0 \cdot 10^3$, м ³ /кг	Объём насыщения, $V_s \cdot 10^3$, м ³ /кг	Объём мезопор, $W_{me} \cdot 10^3$, м ³ /кг	Средний радиус пор, r_{cp} , нм
230/22	400, (200)	0.145	0.257	0.11	3.33
231/22	650, (200)	0.050	0.110	0.06	5.25
234/22	400, (200)	0.134	0.227	0.09	3.03
235/22	650, (200)	0.043	0.093	0.05	4.43
244/22	400, (500)	0.119	0.206	0.09	2.70
245/22	650, (500)	0.047	0.087	0.04	3.99

Уравнение теории объемного насыщения микропор определялось на основе изотерм адсорбции водяного пара на кремнеземных адсорбентах при различных относительных давлениях (P/P_s), объемы адсорбции - микропоры (W_0), мезопоры W_{me} и объем адсорбции насыщения (V_s), а также значения средний радиус пор r_{cp} приведены в таблице 2.

Выводы. Установлено, что объем микропор (W_0) образцов кремнеземного адсорбента, синтезированного при температуре 400°C, а также объемы адсорбции (V_s) для их насыщенных состояний увеличились.

Согласно результатам адсорбции паров молекул воды полученные адсорбенты могут быть использованы в качестве адсорбентов с целью очистки производственных продуктов в различных отраслях промышленности от полярных соединений.

Список литературы:

1. Viswanathan, B., Indra Neel P., Varadarajan T.K. Methods of activation and specific applications of carbon materials // Indian Institute of Technology Madras. - 2009. - p. 160.
2. Алексеев Л.П., Драгинский В.Л., Михеева С.Я. и др. Выбор эффективной марки активных углей // Водоснабжение и санитарная техника. – 1995. – № 5. – С. 8-10.
3. Богданович Н.И. Формирование пористой и надмолекулярной структуры активных углей в совмещенном процессе пиролиза-активации технических лигносульфонатов на натриевом основании // Изв. высших учеб. завед. Лесной журнал. - 1998. - № 2-3. С. 153- 166.
4. Пайгамов Р.А., Жумаева Д.Ж., Кулдашева Ш.А., Эшметов И.Д. Получение импортозамещающих адсорбентов на основе древесных углей // Кимёвий технология назорат ва бошқарув Ҳалқаро илмий-техникавий журнал 2018. № 1-2 Ташкент., С. 56-60.
5. Рахматуллаева Н.Т., Шамуратова М.Р., Бахронов Х.Н., Рахимов У.Ю., Жумаева Д.Ж. Дифференциальные теплоты адсорбции паров воды на адсорбенте полученного на основе отходов древесины // UNIVERSUM: Химия и биология: Электронный научный журнал. Выпуск №9(99) Сентябрь 2022 г. Часть 1. С. 63-68.
6. Dilnoza Jumaeva, Olimjon Toirov, Zuhridin Okhunjanov, Umidjon Raximov, Rano Akhrorov, Investigation of the adsorption of nonpolar adsorbate molecules on the illite surface // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 58, 2, 2023, 353-359 .
7. Пайгамов Р.А. Салиханова Д.С., Эшметов И.Д., Жумаева Д.Ж. Получение угольных адсорбентов из древесины местных сортов // Узбекский химический журнал. 2018, №2. С. 28-32. 53-57.
8. Усмонов Р.М., Салиханова Д.С., Пайгамов Р.А., И.Д. Эшметов, Агзамова Ф.Н., Абдурахимов С.А. Древесные углеродные адсорбенты для очистки сточных вод масложировых производств // Композиционные материалы Узбекский научно-технический и производственный журнал Ташкент, 2018. № 3 С. 12-15.
9. Paygamov R.A., Kuldashева Sh.A., Eshmetov I.D., Salikhanova D.S. Adsorption of venesis of benzene and toluene on activated carbon obtained from chinara wood // Advanced Materials Reserch, Switzerland, 2019 № 3 p. 44-55.
10. Raximov U.Yu., Jumaeva D.J., Ergashev O.K. Studying on the activated absorbents derived from waste of a grape seed // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 57, 5, 2022, 998-1005.
11. Raximov U.Yu., Jumayeva D.J., Aymurzayeva L.G. Investigation of the physicochemical properties of steam-activated adsorbents // Uzbek chemical journal, 2021, №5. pp. 44-50.
12. Коробочкин В.В., Нгуен М.Х., Усольцева Н.В., Нгуен В.Т. Получение активированного угля пиролизом рисовой шелухи вьетнама. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 5. 6 -15 3.

13. Назарова Ю.П., Захаров А.И. Пигмент на основе золы рисовой шелухи. Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXXII. 2018. № 2
14. Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Рахимов У.Ю., Кодиров О.Ш. Технология извлечения диоксида кремния на основе рисовой шелухи // Научный журнал механика и технология. 2022. № 3 (3), С.283-289.
15. Kouznetsova, T.F., Kopysh, E.A., Kulbitskaya, L.V., Jumaeva, D.J., Ivanets, A.I. Textural properties of ordered nanoporous silica synthesized on mesogenic template // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical, 2023, 59 (2), PP. 25–138. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-2-125-138>.
16. Муминов С.З., Хандамов Д.А., Рахимова Г.Б. Равновесная адсорбция паров бензола на алкиламмониевых монтмориллонитах // Коллоидн. журн.-2015. Том 77.- № 5.- С. 675-680.

ИЗОТЕРМА АДСОРБЦИИ ПАРОВ БЕНЗОЛА НА КРЕМНЕЗЕМНЫХ АДСОРБЕНТАХ**Жумаева Дилноза Жураевна**

д-р техн. наук (DSc), проф.
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: d.jumayeva@list.ru

Ахророва Раъно Олим кизи

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: rano.ahrorova@icloud.com

Барноева Сайёра Бобомуродовна

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: barnoevasayyora@gmail.com

Эшметов Иззат Дусимбатович

д-р техн. наук (DSc), проф.
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: izzat.dusimbatovich@gmail.com

Жумаева Гулнисо Юлчиевна

базовый докторант,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент,
E-mail: Gulinisojumayeva@gmail.com

ADSORPTION ISOTHERM OF BENZENE VAPOR ON SILICA ADSORBENTS**Dilnoza Jumaeva**

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Rano Akhrorova

Basic doctoral student Institute of General and
Inorganic Chemistry, Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayyora Barnoeva

Basic doctoral student Institute of General and
Inorganic Chemistry, Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Izzat Eshmetov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Гулнисо Жумаева

*Basic doctoral student Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

В статье представлены исследования изотерм адсорбции паров бензола на мезопористых адсорбентах полученных на основе кремния и хитозана, изученных с помощью прибора Мак-Бен-Бакра. Были получены важные результаты о поверхностном явлении адсорбентов, размер пор, микро- и мезопористости и др. Структуру адсорбентов по показателям адсорбции – удельную поверхность определяли с использованием уравнения Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). На основании полученных данных изотермпаров бензола получены результаты сорбционно-структурных свойств и размера пор кремнеземных адсорбентов.

ABSTRACT

The article presents the results of benzene vapor adsorption isotherms on mesoporous adsorbents based on silicon and chitosan, studied using a Mak-Ben-Bakra device. Important results were obtained on the surface phenomenon of adsorbents, pore size, micro- and mesoporosity, etc. The structure of adsorbents based on adsorption parameters - specific surface area was determined using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) equation. Based on the obtained results of benzene isotherm couples, the results of the sorption-structural properties and pore size of silica adsorbents were obtained.

Ключевые слова: адсорбция, изотерма, бензол, Мак-Бен-Бакра, микропора, мезопора, удельный поверхность, объем пор.

Keywords: adsorption, isotherm, benzene, Mak-Ben-Bakra, micropore, mesopore, specific surface area, pore volume.

Введение. Сегодня адсорбенты широко используются в различных сферах производства. Основным участником процесса адсорбции является продукт-адсорбент, который импортируется в нашу страну. При синтезе сорбентов их производство на основе местного сырья с помощью отходов является решением проблемы окружающей среды и экологии, а высокие адсорбционные свойства играют роль в решении проблемы цены и экономичность продукта.

К настоящему времени получены адсорбенты на основе различного сырья, в том числе бурого и каменного угля [1-2], активированной древесины различных деревьев [3-5], отходов пищевой промышленности [6-8], а также цеолиты [10-12] и бентонит широко используются в различных отраслях промышленности с помощью адсорбентов [13-14].

Сырьевой продукт имеет важное значение при получении сорбента, поэтому важно выбирать его с учетом его химического состава и адсорбирующих свойств. По этой причине в данной исследовательской работе для получения мезопористых адсорбентов важно выбирать отходное сырье, содержащее оксид кремния – рисовую шелуху [15].

Из анализа литературы видно, что авторы [16] предложили технологию извлечения диоксида кремния путем сжигания рисовой шелухи (методом пиролиза), переработки остаточной золы, рециркуляции кислотой или щелочью. В качестве основного критерия при этом рассматривался вопрос использования простой и дешевой технологии извлечения SiO_2 в химически чистом состоянии. В предыдущей исследовательской работе [15] был получен химически чистый оксид кремния, и в данной работе были изучены его адсорбционные свойства, в том числе сорбционно-структурный показатель с использованием изотермы, а также объемные теории его пор.

Методика эксперимента. В полученных адсорбентах изотерма адсорбции газа исследовали весовым

методом на высоковакуумном приборе Мак-Бен-Бакра [17]. Устройство оснащено высокочувствительной кварцевой спиралью. Его уровень чувствительности равна $1,78 \cdot 10^{-3}$ кг/м. Образцы адсорбентов в адсорбционной колбе (пробирке) выдерживали в водном термостате при температуре 20°C с точностью $0,1^\circ\text{C}$. Структура устройства и основные рабочие части рабочей системы структурированы следующим образом: - колонны с кварцевыми пружинами (оснащены чашками, в которые кладут исследуемые образцы адсорбентов измеренные с точностью до 1 гр.), - форвакуумный насос (марки ВН – 461М, -диффузионный насос (остаточное давление в системе составляет $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па до тех пор, пока не будет создан вакуум, давление в системе контролируется с помощью винта термовакuumметром (марка ВИТ2), U - образные манометры - ловушка (она предназначена для улавливания различных газов и паров воды в системе с жидким азотом), ампулы, в которые помещаются адсорбенты, и краны для отделения частей устройства друг от друга. Форвакуумные и диффузионные -насосы образуют до $1 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст. вакуум в адсорбционном устройстве. Разность давлений в U-образных манометрах измеряется с помощью катетометра типа В630. Катетометр имеет разрешение 0,05 мм. Образцы, подготовленные для исследования, измельчали в агатовой ступке до состояния порошка и после тщательного перемешивания взвешивали и поместили в чашку. Давление в системе стабилизируется путем вакуумирования в течение 6-8 часов. Бензол и воду, полученные в качестве адсорбата, очищали и сушили в вакуумных условиях перед использованием в адсорбции, давление его паров сначала замораживали, а затем нагревали для выделения из него растворенных газов до тех пор, пока оно не стало таким же, как данные о давлении паров, указанные в таблицах для чистого бензола и воды, и изучали его адсорбцию.

Результаты и их обсуждение. Из изотермы адсорбции в полученных системах можно увидеть, что величина адсорбции резко возросла с нулевого значения относительного удельного давления до $P/P_s \approx 0,4$, затем последовало медленное увеличение адсорбции, приближающееся к состоянию насыщения. Изотерма адсорбции при таком низком относительном давлении ($P/P_s \approx 0,4$) дает основание утверждать,

что пары бензола адсорбируются на поверхностях с высоким потенциалом адсорбции при первоначальном заполнении. В некоторых образцах, полученных при температуре 400°C и $\text{pH}=9$ более высокая величина адсорбции $P/P_s=0,2$ при более низких относительных давлениях может рассматриваться как причина изотермического скачка.

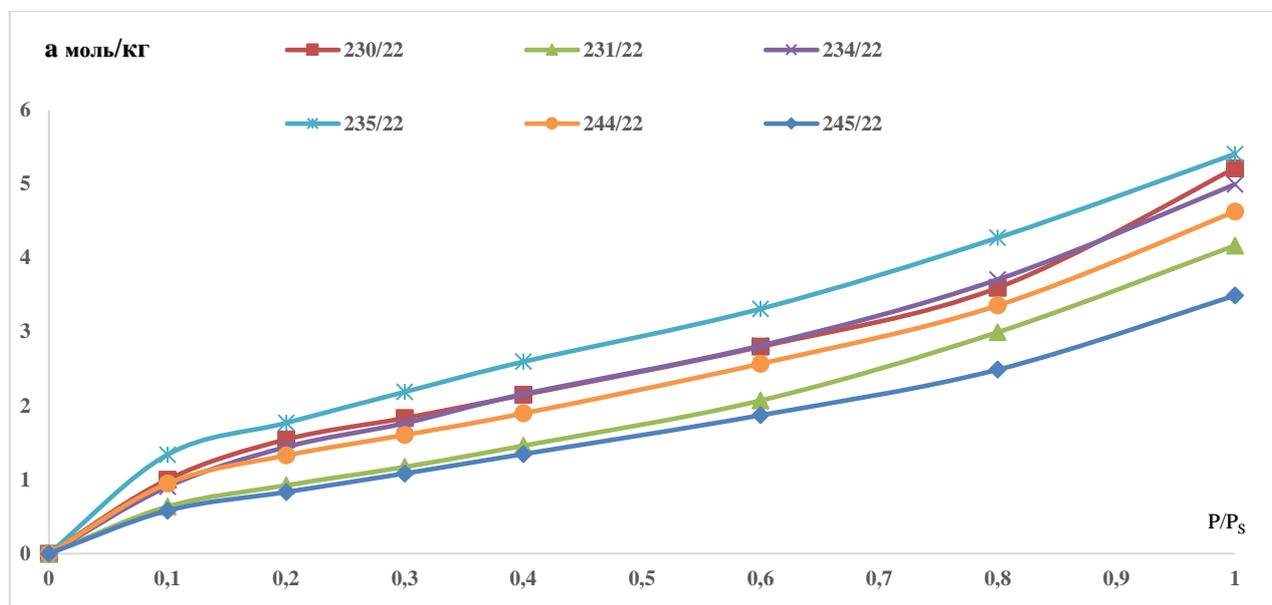


Рисунок 1. Изотерма адсорбции паров бензола на основе кремнеземных адсорбентов

Можно увидеть, что изотермы адсорбции всех адсорбентов относятся к IV типу классификации изотерм адсорбции, предложенной Брунауэром. Форма изотермы адсорбции зависит от свойств адсорбентов, поглощаемого вещества и силы взаимодействия между ними. Во-первых, чередующиеся катионы в образцах связаны с размером, природой и зарядом катионов, в то время как, с другой стороны, специфика взаимодействия неполярных молекул бензола с модифицированными адсорбентами обусловлена изменением гидрофильной и лиофильной природы адсорбентов. В образце полученного при температуре 650°C и $\text{pH}=9$ пары бензола характеризуются более высоким содержанием адсорбента по сравнению с другими адсорбентами за счет воздействия неполярных молекул бензола с их катионами на промежутки между слоями адсорбента. Видно, что в диапазоне относительного давления $P/P_s=0,6-1,0$ изотерма адсорбции снова повышается. Поглощение молекул адсорбата в данном случае указывает на то, что адсорбция произошла в этих образцах в результате капиллярной конденсации паров бензола во вторичных порах. Структуру адсорбентов по пока-

зателям адсорбции - удельную поверхность определяли с использованием уравнения Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), где по ординатам $P/P_s/a(1-P/P_s)$ и оси абсцисс отложены значения P/P_s характерные для прямолинейных координат.

Сравнительную поверхность адсорбентов рассчитывали по следующей формуле:

$$S = a_m \cdot N \cdot \omega_0$$

где: s – удельная поверхность ($\text{м}^2/\text{г}$);

a_m – мономолекулярный слой (моль/кг);

N_A – число Авагадро;

ω – это поверхность (нм^2), занимаемая одной молекулой.

На основе изотермы адсорбции паров бензола в угольных адсорбентах была рассчитана монослойная емкость a_m , исходя из важных показателей адсорбентов, объема насыщения V_s (или адсорбции a_s) и их удельной поверхности S . Полученные результаты структурно-сорбционные показатели адсорбции паров бензола образцов адсорбентов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Структурно-сорбционные показатели адсорбции паров бензола кремнеземных адсорбентов

№ образцов	Температура, °С, кДа	Объем монослоя, a_m , моль/кг	Удельная поверхность, $S \cdot 10^{-3}$, м ² /кг	Адсорбционная насыщенность a_s , моль/кг
230/22	400, (200)	1.257	302.76	5.21
231/22	650, (200)	0.820	197.51	4.16
234/22	400, (200)	1.207	286.78	4.99
235/22	650, (200)	1.510	363.61	5.40
244/22	400, (500)	1.108	266.73	4.62
245/22	650, (500)	0.754	181.60	3.49

Основная часть поглощения молекул бензола в адсорбентах составляет: при 400°С-24,1%, при 650°С-19,7%, при 400°С-24,2%, при 650°С-27,9%, при 400°С-23,9%, при 650°С-21,6%, соответствующих величине монослойной емкости. Удельная поверхность адсорбентов при $t=400-650^{\circ}\text{C}$, а также степень адсорбции насыщения увеличились. В образцах такое изменение удельной поверхности и насыщенности адсорбцией зависит от составов образцов.

В образцах были определены изотермы адсорбции паров бензола микропор адсорбентов (W_0), основанные на уравнении теории объемного насыщения (ТОЗМ), и насыщенный адсорбционный объем (V_s) и объем мезопор по формуле $W_{me} = V_s - W_0$. Средний радиус пор был рассчитан по формуле $r_{cp} = \frac{2 \cdot V_s \cdot 10^4}{S}$. Полученные результаты объемные показатели пор при адсорбции паров бензола приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Объемные показатели пористости кремнеземных адсорбентов

№ образцов	Температура синтеза, С, кДа	Объем микропор, $W_0 \cdot 10^3$, м ³ /кг	Объем насыщения, $V_s \cdot 10^3$, м ³ /кг	Объем мезопор, $W_{me} \cdot 10^3$, м ³ /кг	Средний радиус пор, r_{cp} , нм
230/22	400, (200)	0.297	0.461	0.164	3.05
231/22	650, (200)	0.222	0.369	0.147	3.74
234/22	400, (200)	0.284	0.442	0.158	3.08
235/22	650, (200)	0.336	0.479	0.143	2.63
244/22	400, (500)	0.265	0.410	0.145	3.07
245/22	650, (500)	0.195	0.309	0.11	3.41

Из полученных результатов можно увидеть, что в образцах при $t=400^{\circ}\text{C}$ $t=650^{\circ}\text{C}$ объем микропор близок друг к другу, но в образце при $t=400^{\circ}\text{C}$ (1) количество мезопор относительно велико, в то время как в образце 650°C (200 кДа) насыщенный объем адсорбции относительно высок.

Выводы. Было обнаружено, что оставшиеся два адсорбента имеют и малый объем микропор, и насыщенный объем адсорбции. Все адсорбенты с точки зрения их среднего радиуса пористости относятся к классу ($2 < r < 50$ нм) мезопор адсорбентам, предложенный М.М.Дубининым. Степень адсорбции паров

бензола существенно не отличается из-за того, что состав, структура, природа образующихся адсорбентов практически близки к единице. В образце полученного при 650°C (200кДа) пары бензола характеризуются более высокими уровнями адсорбции по сравнению с другими адсорбентами, активными центрами между слоями адсорбента и более высокими объемами пористости по сравнению с другими адсорбентами. Согласно результатам адсорбции паров бензола полученные адсорбенты могут быть использованы в качестве адсорбентов с целью очистки производственных продуктов в различных отраслях промышленности от неполярных соединений.

Список литературы:

1. Eshmetov I., Salihanova D., Agzamhodjaev A. Examination of the influence of the grinding degree and stabilizing agent on the rheological properties of aqua-coal fuel suspensions. Journal of Chemical Technology and Metallurgy this link is disabled, 2015, 50(2), pp. 157–162.
2. Жумаева Д.Ж., Эшметов И.Д., Агзамходжаев А.А. Очистка производственных сточных вод угольными адсорбентами, полученных на основе Ангренского угля// Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2014. - № 5. С.38-41.

3. Пайгамов Р.А., Абдурахимов А.Х., Жумаева Д.Ж., Кулдашева Ш.А., Эшметов И.Д. Obtaining import-substituting adsorbents based on charcoal // *Journal Chemical technology monitoring and control*. - 2018. № 1-2 - P. 56-60.
4. Paygamov R. Comparison of physical-chemical and adsorption properties of activated plant tree coal adsorbent with import-analogical coal adsorbents// *Central asian journal of theoretical and applied sciences*, Volume: 02 Issue: 05 (2021) ISSN: 2660-5317.
5. Paygamov R.A., Eshmetov I.D., Salikhanova D.S., Jumaeva D.J., Production of carbon adsorbents from wood of local varieties // *Uzbekistan Chemical Journal* 2018. №2 Tashkent., P. 28-32.
6. Juraevna, D.J., Yunusjonovich, U.R., & Karimovich, O.E. Studying on the activated adsorbents derived from waste of a grape seed. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 57(5), (2022). 998-1005.
7. Рахимов У.Ю., Жумаева Д.Ж. Obtaining and research of par-gas-activated adsorbents based on waste pressure of grape seeds // *The scientific heritage*. Vol. 2, No 78 (78) (2021) P-17-19.
8. Jumaeva D.J., Raximov U.Y., Ergashev O.K. Studying on the activated adsorbents derived from waste of a grape seed studying on the activated adsorbents derived from waste of a grape seed// *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 57, 5, 2022, 998-1005.
9. Рахматуллаева Н.Т., Абдурахимов А.Х., Жумаева Д.Ж., Бабаева Г.О., Хамракулова К.Х. Изучение и получение адсорбентов из отходов древесины// *UNIVERSUM: Химия и биология: Электронный научный журнал*. Выпуск №3(105) Март, 2023 г. Часть 1. DOI- 10.32743/UniChem.2023.105.3.15101.
10. Rakhmatkariev G.U., Villieras F., Choriev V.K., Jumaeva D.J. Hydration mechanism of muscovite// 5th International Symposium Surface Heterogeneity Effects in Adsorption and Catalyses on Solids "ISSHAC-5" Gdansk, Poland. 2004. P.15.
11. Kh.Bakhronov, O.Ergashev, Kh.Kholmedov, A.Ganiev, M.Kokhkharov, N.Akhmedova, Adsorption of Carbon Dioxide in Zeolite LiZSM-5, International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science (ICPPMS-2021), Tashkent, (AIP Conference Proceedings 2432, 2022), <https://doi.org/10.1063/5.0090037>.
12. Жумаева Д.Ж. Дифференциальные теплоты адсорбции бензола на К-слоде // *Узбекский химический журнал*. Ташкент. 2008. № 3. С.10-13.
13. Usmanov R.M., Abdikamalova A.B., Eshmetov I.D., Kuldasheva S., Eshmetov R.J., Sharipova A.I. Obtaining coal adsorbents based on local wood waste, research of their physico-chemical and adsorption properties. *Journal of Critical Reviews*, 2020, 7(12), pp. 128–135
14. Karabayeva M.I., Mirsalimova S.R., Salixanova D.S., Mamadaliyeva S.V., Ortikova S.S. Main directions of use of waste of plant raw materials (Peanut shell) as adsorbents (Review). *Ximiya Rastitel'nogo Syr'yathis link is disabled*, 2022, (1), pp. 53–69.
15. Жумаева Д.Ж., Ахророва Р.О., Рахимов У.Ю., Кодиров О.Ш. Технология извлечения диоксида кремния на основе рисовой шелухи // *Научный журнал механика и технология*. 2022. № 3 (3), С.283-289.
16. Коробочкин В.В., Нгуен М.Х., Усольцева Н.В., Нгуен В.Т. Получение активированного угля пиролизом рисовой шелухи Вьетнама. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2017. Т. 328. № 5. 6 -15.
17. Makarevich N.A., Bogdanovich N.I. Theoretical foundations of adsorption// *Arkhangelsk NArFU* 2015, 362.

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОФОБНОГО КРЕМНЕЗЕМА**Сотиболдиев Бекзод Сулаймон угли**

базовый докторант кафедры химической технологии,
Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган

Гулямов Баходир Бахтиёр угли

исследователь кафедры физической химии,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Рахмонов Жахонгир Азизжон угли

магистрант кафедры физической химии,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Каттаев Нуритдин Тураевич

и.о. профессора кафедры физической химии,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ntkattaev@gmail.com

Боймирзаев Азамат Солиевич

проф. кафедры химической технологии,
Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган

Акбаров Хамдам Икрамович

зав. кафедрой физической химии,
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

SYNTHESIS AND CHARACTERISTICS OF HYDROPHOBIC SILICA**Bezkod Sotiboldiev**

Basic Doctoral Student of the Department of Chemical Technology,
Namangan Institute of Engineering and Technology,
Uzbekistan, Namangan

Bakhodir Gulyamov

Researcher at the Department of Physical Chemistry,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent

Jakhongir Rakhmonov

Master student of the Department of Physical Chemistry,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent

Nuritdin Kattaev

Acting Professor of the Department of Physical Chemistry,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent

Azamat Boymirzaev

Professor of the Department of Chemical Technology,
 Namangan Institute of Engineering and Technology,
 Uzbekistan, Namangan,

Khamdam Akbarov

Head of the Department of Physical Chemistry,
 National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
 Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Гидрофобный кремнезем на основе метилметоксисилана был синтезирован золь-гель-методом, его структура подтверждена методами ИК-Фурье-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Гидрофобность поверхности кремнезема была показана путем измерения угла смачивания поверхности кремнезема каплей воды.

ABSTRACT

Hydrophobic silica based on methylmethoxysilane was synthesized using the sol-gel method and its structure was confirmed by scanning electron microscopy (SEM) analysis and Fourier-IR spectroscopy method. The hydrophobic nature of the silica surface was demonstrated by measuring the wetting angle of the silica surface with a water droplet.

Ключевые слова: метилтриметоксисилан, золь-гель метод, гидрофобный кремнезем, угол смачивания.

Keywords: methyltrimethoxysilane, sol-gel method, hydrophobic silica, wetting angle.

I. Введение. В последние годы материалы на основе диоксида кремния привлекают все большее внимание благодаря своей уникальной структуре. Изменяя их свойства (поверхность, пористость, структуру и т. д.) можно расширить области применения. В частности, путем регулирования гидрофильно-гидрофобности материалов на основе кремнезема получены аэрогели, обладающие уникальными механическими свойствами, большой площадью поверхности ($>1000 \text{ м}^2/\text{г}$), очень низкой плотностью ($0,03\text{--}0,20 \text{ г}/\text{см}^3$), отличающиеся такими уникальными свойствами, как эффективная теплоизоляция, высокая термостойкость, негорючесть, хорошая прозрачность, низкий показатель преломления и низкая электропроводность, звукопоглощение [1-3].

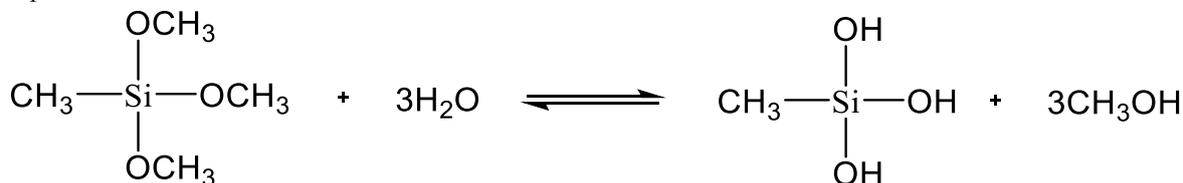
Замена одной органоксигруппы в тетраорганоксисилоксане, имеющем сильную гидрофильную природу, на углеводородный радикал приводит к

значительному увеличению гидрофобности кремнезема. Чем больше количество функциональных групп Si-O-Si, Si-C и CH в кремнеземе, тем выше его гидрофобность. Поэтому для получения гидрофобных материалов желательно использовать альтернативные прекурсоры с высоким процентом гидрофобных групп [4].

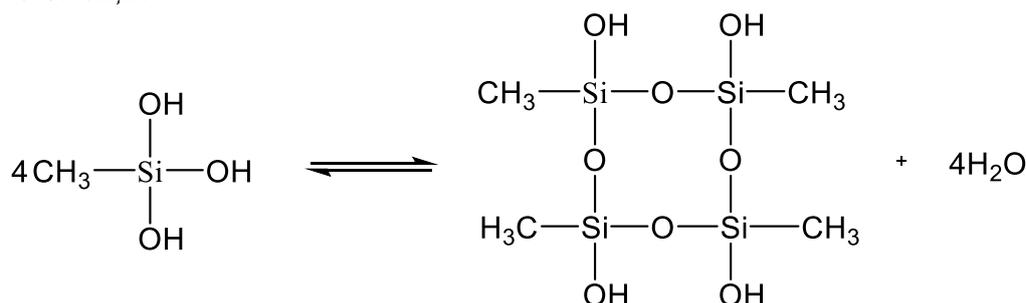
На основании вышеизложенного целью данного исследования является синтез гидрофобного кремнезема с использованием метилтриметоксисилана - $(\text{CH}_3\text{-Si}(\text{OCH}_3)_3)$ (МТМС) золь-гель методом [5].

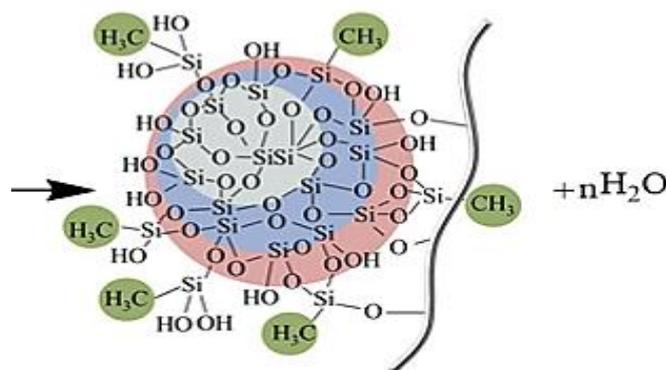
II. Экспериментальная часть. Процесс синтеза проводился в два этапа. На первом этапе МТМС гидролизовали в среде этанола при значении pH=10. На втором этапе полученную массу прокаливали при температуре 550°C . Процесс получения гидрофобного кремнезема можно представить следующей схемой:

гидролиз:



конденсация





Для идентификации композита использовали метод Фурье-ИК-спектроскопии (Nicolet iS50, Thermo Scientific, США). Образцы применялись в виде прессованных таблеток с KBr.

Структурная морфология поверхности композита изучена с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), оборудованного микроаналитической системой для энерго-дисперсионного рентгеновского (EDX) микроанализа Jeol JSM-IT200LA (Япония).

III. Результаты и их обсуждение. В Фурье-ИК-спектре обнаруживаются различные сигналы: помимо типичной для групп Si – OH в области поглощения при $903,84 \text{ см}^{-1}$, наблюдаются слабые колебания при $2970,43 \text{ см}^{-1}$ и $2867,84 \text{ см}^{-1}$, относящиеся группе C – H, колебание при $1271,68 \text{ см}^{-1}$ – группе Si – CH₃, а также при $1024,59 \text{ см}^{-1}$ – соответствует группе Si – O – Si (рис. 1) [4].

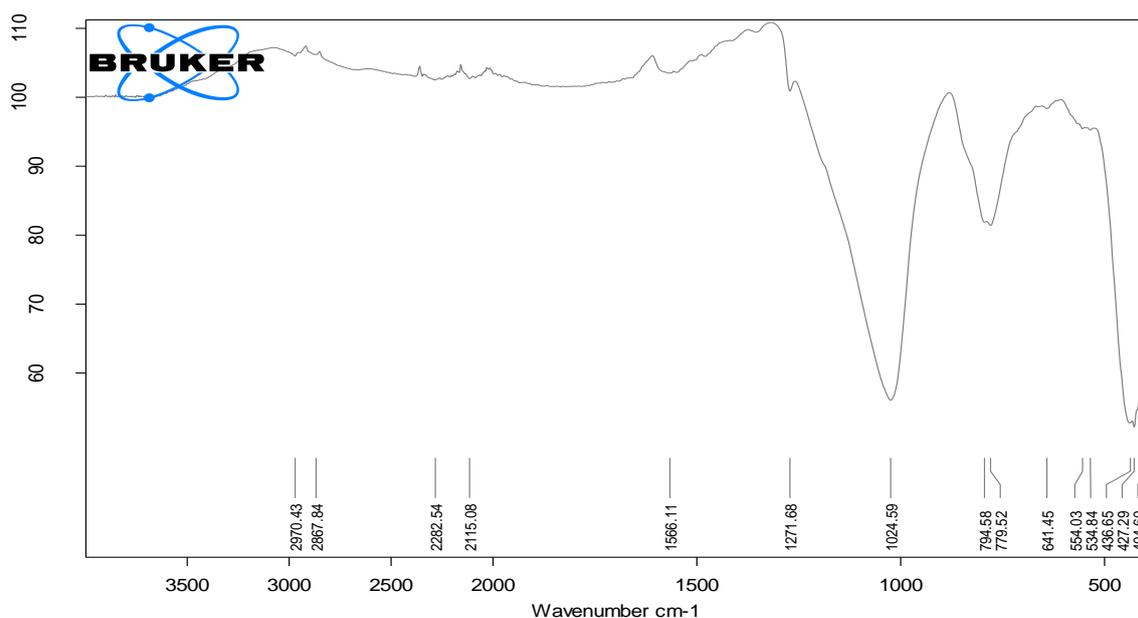


Рисунок 1. ИК-Фурье-спектр гидрофобного кремнезема

Структурная морфология синтезированного гидрофобного кремнезема оценена с помощью сканирующей электронной микроскопии. На рис.2

представлена СЭМ микрофотография синтезированного гидрофобного кремнезема.

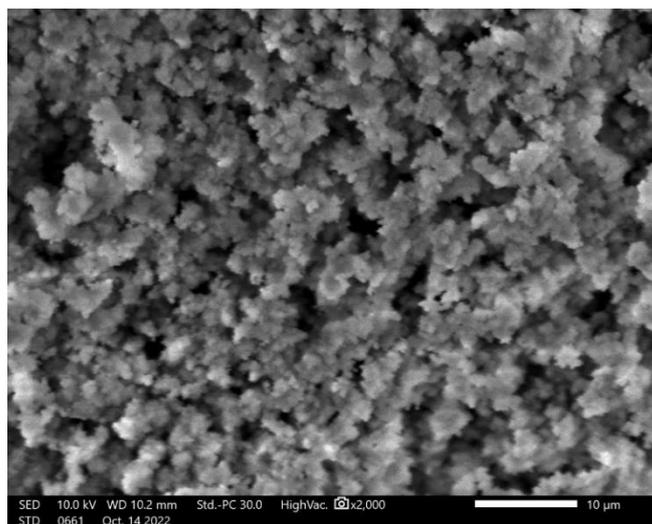


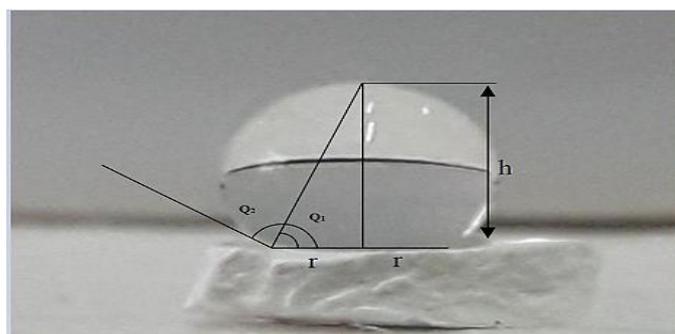
Рисунок 2. СЭМ-микрофотография гидрофобного кремнезема

Как видно из СЭМ-микрофотографии, синтезированный гидрофобный кремнезем имеет высокопористую структуру.

Гидрофобность синтезированного кремнезема оценивали путем измерения угла воздействия/смачивания, образуемого при его контакте с каплей

воды. Для определения угла контакта использовался метод $\theta/2$ -угла. Угол контакта рассчитывался по следующей формуле:

$$\tan Q_1 = \frac{h}{r} \quad \rightarrow \quad Q_2 = 2 \arctan \frac{h}{r}$$



Здесь: r – радиус, h – высота.

Результаты измерения угла смачивания образца с водой ($Q_2=136,4$ град.) подтверждают образование гидрофобной структуры.

IV. Заключение. Таким образом, золь-гель методом на основе МТМС синтезирован гидрофобный

кремнезем с высокопористой структурой, гидрофобность которой подтверждена путем измерения угла контакта между образцом и каплей воды. Показано, что значение угла смачивания характерно для гидрофобных материалов.

Список литературы:

1. He X. et al. Preparation of the methyltriethoxysilane based aerogel monolith with an ultra-low density and excellent mechanical properties by ambient pressure drying //Journal of Colloid and Interface Science. – 2021. – Т. 600. – С. 764-774.
2. Shafi S., Zhao Y. Superhydrophobic, enhanced strength and thermal insulation silica aerogel/glass fiber felt based on methyltrimethoxysilane precursor and silica gel impregnation //Journal of Porous Materials. – 2020. – Т. 27. – №. 2. – С. 495–502.
3. Lathe S S, Imai H, Ganesan V and Rao A V 2010 Porous superhydrophobic silica films by sol–gel process Microporous and Mesoporous Materials 130 115-21.
4. Yun, S., Guo, T., Zhang, J., He, L., Li, Y. et al. Facile synthesis of large-sized monolithic methyltrimethoxysilane-based silica aerogel via ambient pressure drying // Journal of Sol-Gel Science and Technology. – 2017. – Т. 83. – №. 1. – С. 53-63.
5. Darmawan A. et al. Synthesis and characterization of hydrophobic silica thin layer derived from methyltrimethoxysilane (MTMS) //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 299. – №. 1. – С. 012041.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ**

№ 10 (112)
Октябрь 2023

Часть 1

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 55878 от 07.11.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1

16+