

• ISSN 2072-8158 •



ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№4, 2023



г. Москва



Всероссийский научно-практический журнал «Вода: Химия и Экология» публикует оригинальные научные статьи и обзоры теоретического и практического характера, посвященные:

- ✓ органической химии;
- ✓ биорганической химии;
- ✓ неорганическая химия;
- ✓ процессов химической, мембранной технологии
- ✓ экологии;
- ✓ гидробиологии;
- ✓ исследованию новых перспективных материалов для химической и микробиологической очистки воды;
- ✓ технологическим инновациям в сфере промышленной и бытовой очистки вод;
- ✓ исследованиям в области гидробиологии;
- ✓ мониторингу водных объектов, экономике водной отрасли;
- ✓ обзору передовых российских и зарубежных разработок, существующих патентов и нормативной документации;
- ✓ чрезвычайным экологическим ситуациям;
- ✓ совершенствованию и разработке аналитических приборов;
- ✓ методическому и математическому обеспечению образования в области химии и экологии воды;

Миссия журнала: развитие фундаментальных и прикладных исследований в области химических, биологических наук и экологии, а также распространение оригинальных исследований в этих областях наук.

К публикации принимаются оригинальные исследования российских и зарубежных ученых, преподавателей, научных работников, аспирантов высших учебных заведений и научных организаций Российской Федерации, стран СНГ и дальнего зарубежья, ранее не опубликованные.

Настоящее издание включено в Перечень ведущих научных изданий, реферируемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Согласно паспорту Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, журнал рекомендован для публикации результатов научных исследований, выполняющихся в рамках подготовки диссертационных работ по следующим специальностям:

- | | |
|---|---|
| ✓ 1.4.3. Органическая химия (химические науки), | ✓ 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (химические науки), |
| ✓ 1.4.9. Биорганическая химия (химические науки), | ✓ 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (химические науки) |

Редакция журнала ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ в том числе принимает оригинальные научные труды, касающиеся сферы биологических наук и экологии.

Язык: Русский, английский **Количество статей в журнале:** до 15.

Количество выпусков в год: 12, Журналу присвоен ISSN, 2072-8158

Регистрация СМИ: серия ПИ № ФС 77 - 31640 10.04.2008

Ссылка РИНЦ - https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=28251

Журнал печатается в г. Москве

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Адрес: 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48, **E-mail:** VAK-info@yandex.ru

Типография и издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Каленский Александр Васильевич: Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой химии твердого тела и химического материаловедения, чл корр РАН, один из ведущих преподавателей КемГУ, За многолетний плодотворный труд был награжден: почетными грамотами АКО, благодарностями ГОУ ВПО КемГУ, медалью «За веру и добро»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Данилов-Данильян Виктор Иванович: Доктор экономических наук, Российский учёный, экономист, эколог, гидролог, член-корреспондент РАН. Специалист в области экономики природопользования, экономико-математического моделирования, теории устойчивого развития, Институт водных проблем РАН (Москва)

Еременко Игорь Леонидович: Советский и Российский химик, доктор химических наук член-корреспондент РАН с 1997 года, академик РАН с 2006 года, лауреат Государственной премии Российской Федерации, институт общей и неорганической химии им. н.с. курнакова РАН (Москва)

Койфман Оскар Иосифович, Доктор химических наук, Российский химик, специалист в области синтеза, изучения физико-химических свойств и практического использования порфиринов, металлопорфиринов, их структурных аналогов и жидкокристаллических соединений, ректор Ивановского государственного химико-технологического университета, Ивановский государственный химико-технологический университет (Иваново)

Колесников Владимир Александрович: Доктор технических наук, Российский учёный в области промышленной электрохимии, безопасности и ресурсосбережения применительно к процессам обработки современных материалов, создания экологически безопасных, ресурсосберегающих процессов в гальванотехнике, переработке жидких техногенных отходов и водообработке, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Мухин Виктор Михайлович: Доктор технических наук, профессор по специальности «Экология», лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, заслуженный изобретатель РФ, Почетный эколог (МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ, БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ), Почетный профессор Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), начальник лаборатории активных углей, эластичных сорбентов и катализаторов АО «Электростальское НПО «Неорганика» Ростеха (Москва)

Фролова Алла Константиновна, Советский и российский химик, доктор технических наук, МИРЭА-Российский технологический университет (Москва)

EDITOR-IN-CHIEF:

Kalensky Alexander Vasilyevich, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, one of the leading teachers of KemSU, For many years of fruitful work was awarded: honorary diplomas of the AKO, commendations of the State Educational Institution of KemSU, the medal "For Faith and Kindness"

EDITORIAL BOARD:

Danilov-Danilyan Viktor Ivanovich: Doctor of Economics, Russian scientist, economist, ecologist, hydrologist, corresponding Member of the Russian Academy of Sciences. Specialist in the field of environmental economics, economic and mathematical modeling, theory of Sustainable Development, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Eremenko Igor Leonidovich: Soviet and Russian chemist, Doctor of Chemical Sciences Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences since 1997, Academician of the Russian Academy of Sciences since 2006, laureate of the State Prize of the Russian Federation, N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Koifman Oskar Iosifovich, Doctor of Chemical Sciences, Russian chemist, specialist in the field of synthesis, study of physico-chemical properties and practical use of porphyrins, metalloporphyrins, their structural analogues and liquid crystal compounds, Rector of Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo State University of Chemical Technology (Ivanovo)

Kolesnikov Vladimir Aleksandrovich: Doctor of Technical Sciences, Russian scientist in the field of industrial electrochemistry, safety and resource conservation in relation to the processes of processing modern materials, creating environmentally safe, resource-saving processes in electroplating, processing of liquid technogenic waste and water treatment, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology (Moscow)

Mukhin Viktor Mikhailovich: Doctor of Technical Sciences, Professor in the specialty "Ecology", laureate of the prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, Honored Inventor of the Russian Federation, Honorary Ecologist (INTERNATIONAL ACADEMY of Sciences of Ecology, Human Safety AND NATURE), Honorary Professor of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Head of the Laboratory of Active coals, elastic sorbents and catalysts of Neorganika Rostec Moscow)

Frolkova Alla Konstantinovna, Soviet and Russian chemist, Doctor of Technical Sciences, MIREA-Russian Technological University (Moscow)

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Крылатова Яна Георгиевна, Коробко Валерия Валерьевна, Пчелинцева Нина Васильевна.

ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНЗАМЕЩЕННЫХ ДИАРИЛБИЦИКЛОНОНЕН - И-НОНАНОНОВ НА МОРФОГЕНЕЗ ПРОРОСТКОВ TRITICUM AESTIVUM L.

8

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Власова Алена Юрьевна, Галлямов Роман Равилевич, Шарифуллина Альбина Юрьевна.

ГОДОВОЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ РЕКИ ВОЛГА И ЭКСПРЕСС МЕТОД ДООЧИСТКИ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

14

НАУКИ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Калинина Мария Витальевна, Петухова Галина Александровна.

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ИЗ РАЙОНОВ СНЕГОВЫХ ПОЛИГОНОВ ГОРОДА ТЮМЕНИ

20

Мискевич Игорь Владимирович, Кузнецов Егор Александрович.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ОТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРА ХПК К КОНЦЕНТРАЦИЯМ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ (ПАРАМЕТРА ХПК/ВВ) В ДЕЛЬТЕ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД

26

Шелепина Наталья Владимировна.

СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

32

CONTENTS

ORGANIC CHEMISTRY

- Krylatova Ya.G., KorobkoV.V., Pchelintseva N.V.**
 INFLUENCE OF HALOGEN-SUBSTITUTED DIARYLBICYCLONONEN- AND -
 NONANONE ON THE MORPHOGENESIS OF *TRITICUM AESTIVUM* L. 8

BIOORGANIC CHEMISTRY (CHEMICAL SCIENCES)

- Vlasova Alena Yurievna, Galyamov Roman Ravilevich, Sharifullina Albina Yurievna.**
 ANNUAL MONITORING OF NATURAL WATER OF THE VOLGA RIVER AND EXPRESS
 METHOD OF WATER PURIFICATION IN CONDITIONS OF SHORT-TERM CHANGES IN
 QUALITY INDICATORS 14

ENVIRONMENTAL SCIENCES

- Kalinina Maria Vitalievna, Petukhova Galina Alexandrovna.**
 PLANT RESPONSES TO POLLUTION OF SOIL FROM SNOWFILL AREAS OF THE CITY
 OF TYUMEN 20

- Miskevich I.V., Kuznetsov E.A.**
 ESTIMATION OF THE VARIABILITY OF THE RATIO OF THE COD PARAMETER TO THE
 CONCENTRATIONS OF SUSPENDED SUBSTANCES (COD/BB PARAMETER) IN THE
 DELTA OF THE SEVERNAYA DVINA RIVER DURING WASTEWATER 26

- Shelepina Natalia Vladimirovna.**
 METHODS OF MODIFICATION OF GRAIN PROCESSING WASTE TO INCREASE THE
 EFFICIENCY OF SORPTION TREATMENT OF SURFACE AND INDUSTRIAL
 WASTEWATER 32

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 581.144+547.51.66

ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНЗАМЕЩЕННЫХ ДИАРИЛБИЦИКЛОНОНЕН- И-НОНАНОНОВ НА МОРФОГЕНЕЗ ПРОРОСТКОВ *TRITICUM AESTIVUM* L.

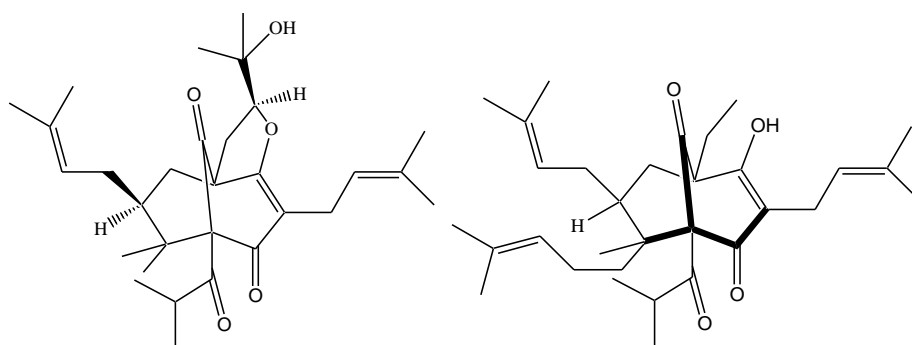
Крылатова Я.Г., Коробко В.В., Пчелинцева Н.В.

В статье представлены результаты фитотестирования галогензамещенных диарилбицикло [3.3.1]нон-2-ен- и -нонан-9-онов, синтез которых осуществлен в условиях прямого бромирования, дегидробромирования и основного гидролиза дигалогензамещенных соединений. Установлено влияние испытуемых веществ на массу корней и побега, а также показатель корнеобеспеченности проростка яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 36. Все испытуемые соединения в концентрации 10^{-12} М оказывают стимулирующее влияние на накопление массы проростка и способствуют повышению показателя корнеобеспеченности проростков (исключение составили проростки, культивированные на растворе 2,3-дибром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]-нонан-9-она в концентрации 10^{-6} М).

Ключевые слова: фитотестирование, *Triticum aestivum* L., корнеобеспеченность проростка, галогензамещенные диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен- и -нонан-9-оны.

Интерес к изучению биологической активности карбоциклических соединений - одного из основных классов органических веществ - в настоящее время довольно высок, что обусловлено широким спектром биологических свойств данных соединений как природных, так и синтетических [2, 3].

Многие природные соединения в своей структуре содержат бицикло[3.3.1]нонаноновый скелет. Например, garsubellin A, huperzine A, plukenetione A, lucopodine, hyperforin, rapuaforin [6].



Garsubellin A Hyperforin

Проведено тестирование соединений, полученных на кафедре органической и биоорганической химии Института химии СГУ [1], отличающихся количеством и положением атомов галогена в диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен- и -нонан-9-онах и степенью насыщенности бициклов, а именно, 2,3-дибром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]нонан-9-она 2а (ТГ), 3-бром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она 3а (ДГ), 2-бром-3-гидрокси-2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нонан-9-он 4b (МГ) при бромировании исходных 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов 1 а,б молекулярным бромом в тетра-хлорметане в мольном соотношении 1:1 с образованием 2,3-дибром-2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нонан-9-она

2b и 2,3-дибром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]нонан-9-она 2a (синтез ТГ), при кипячении последнего в спиртовом растворе щелочи до 3-бром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)-бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она 3a (синтез ДГ), при нагревании 2,3-дибром-2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-она 2b в водно-спиртовом растворе щелочи с образованием 2-бром-3-гидрокси-2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нонан-9-она 4b (синтез МГ) (рисунок 1).

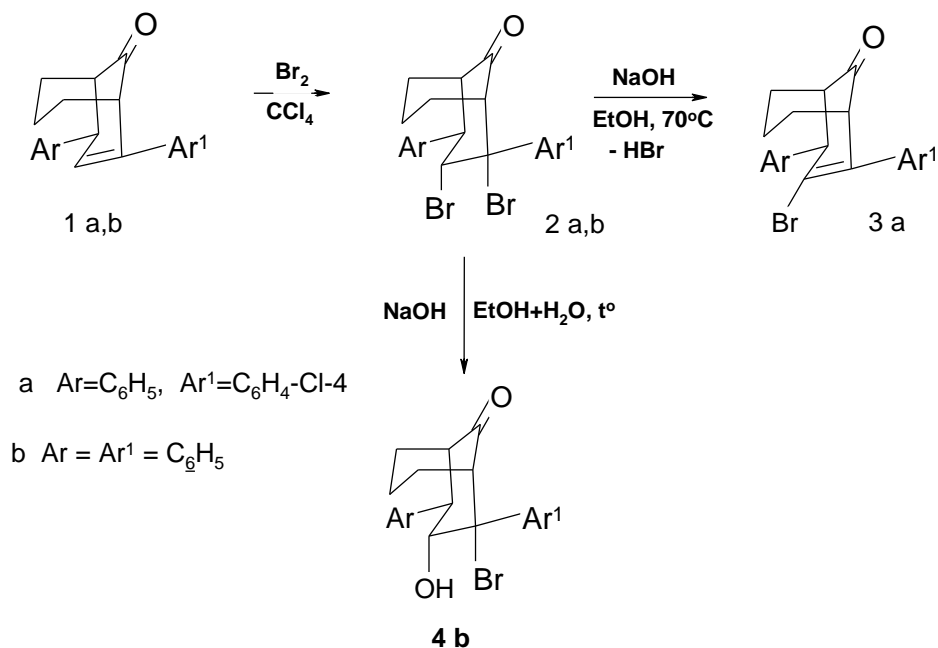


Рисунок 1. Синтез тестируемых карбоциклических соединений:
 2a - 2,3-дибром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]нонан-9-он (ТГ),
 3a - 3-бром-2-фенил-4-(4'-хлорфенил)бицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-он (ДГ),
 4b - 2-бром-3-гидрокси-2,4-дифенилбицикло[3.3.1]нонан-9-он (МГ)

Исходные диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-оны 1 a,b стали доступными субстратами в результате обнаруженной нами карбоциклизации продуктов гидролиза солей тетрагидрохроменилия 5a,b, проходящей в условиях основного катализа [4].

Нами при гидролизе солей тетрагидрохроменилия 5a,b установлен факт существования двух конкурирующих процессов дециклизации и рециклизации: один завершается образованием открытой формы - дикетонов 6 a,b, второй приводит к циклокетонам 7a,b (рисунок 2). Установлено, что соотношение продуктов дециклизации и рециклизации тетрагидрохроменилиевого цикла зависит от величины положительного заряда на атомах углерода гетерокольца и

подвижности атомов водорода в α -положении к карбонилу алицикла. Оба параметра изменяются под влиянием заместителей в арильных фрагментах.

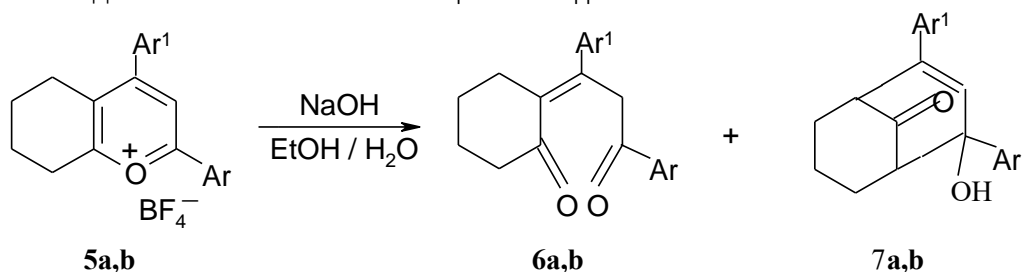


Рисунок 2. Дециклизация и рециклизация тетрагидрохроменилиевого цикла

Ранее Stobbe [7] для объяснения пути образования неопределенного бициклического «мостикового» кетона 8, структурно родственного обнаруженным нами бициклононенолонам 7a,b, высказал предположение о внутримолекулярной карбоциклизации в кислых средах семициклических 1,5-дикетонов, содержащих в α -положении одной из карбонильных групп

подвижные водородные атомы. «Мостиковый» непредельный бициклический кетон **8** был получен [7] при пропускании HCl через спиртовой раствор 2-[1,3-дифенил-3-пропанонил]циклопентанона **9** (рисунок 3):

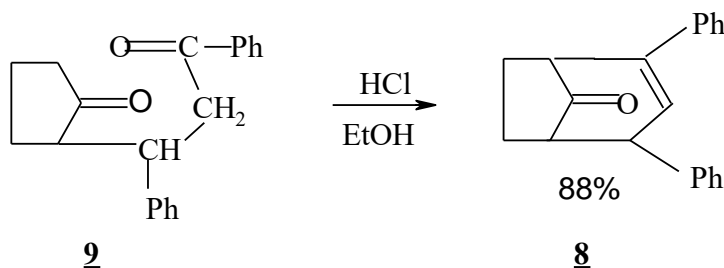


Рисунок 3. Карбоциклизация полуциклического 1,5-дикетона в условиях кислотного катализа

При кипячении 2[1,3-дифенил-3-пропанонил]-циклогексанона **10b** в уксусной кислоте в присутствии соляной кислоты основным продуктом также является бицикло[3.3.1]нонен-2-он **1b** [3] (рисунок 4):

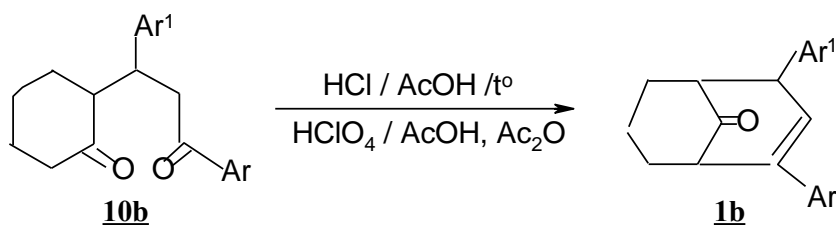


Рисунок 4. Карбоциклизация полуциклических 1,5-дикетонов

Синтезы тестируемых соединений три-(ТГ)-, ди-(ДГ) и моно-(МГ)галогензамещенных диарилбицикло[3.3.1]нонен-2-ен- 3а и -нонан-9-онов 2а,б, 4б осуществляли в условиях известных реакций электрофильного присоединения галогена по кратной С=С связи (переход 1а,б - 2а,б, синтез ТГ), дегидрогалогенирования дигалогензамещенных соединений под действием спиртовых щелочей (переход 2а - 3а, синтез ДГ) либо нуклеофильного замещения атома галогена при кипячении в водной щелочи (переход 2б - 4б, синтез МГ).

Объектом исследования служили проростки яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Саратовская 36. Для изучения влияния испытуемых соединений на рост растений семена проращивали в течение двух суток в воде, после чего переносили их на водные растворы испытуемых веществ в концентрациях 10^{-6} , 10^{-9} и 10^{-12} М. Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде. Культивирование проростков осуществлялось в климатостате при температуре $+18^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$. Продолжительность эксперимента составила 7 дней.

При использовании растворов ТГ и МГ в качестве субстрата, во всех вариантах эксперимента характерно повышение массы корневой системы проростков при понижении концентрации испытуемых растворов. Отметим, что при наименьшей из использованных концентраций проростки характеризуются максимальными значениями массы побега и корня (рисунок 5).

Изучено влияние МГ, ДГ, ТГ на относительное массовое соотношение корней и побега, называемое корнеобеспеченностью, и используемое в качестве показателя стратегии адаптации к условиям роста и развития [5]. Установлено, что во всех вариантах эксперимента наблюдается повышение показателя корнеобеспеченности проростков. Исключение составили проростки, культивированные на растворе ТГ в наибольшей из испытуемых концентраций, корнеобеспеченность которых составила 79% от контрольного значения. Для проростков, культивированных на растворах ТГ характерно проявление обратной зависимости значения показателя корнеобеспеченности проростка от концентрации опытного раствора.

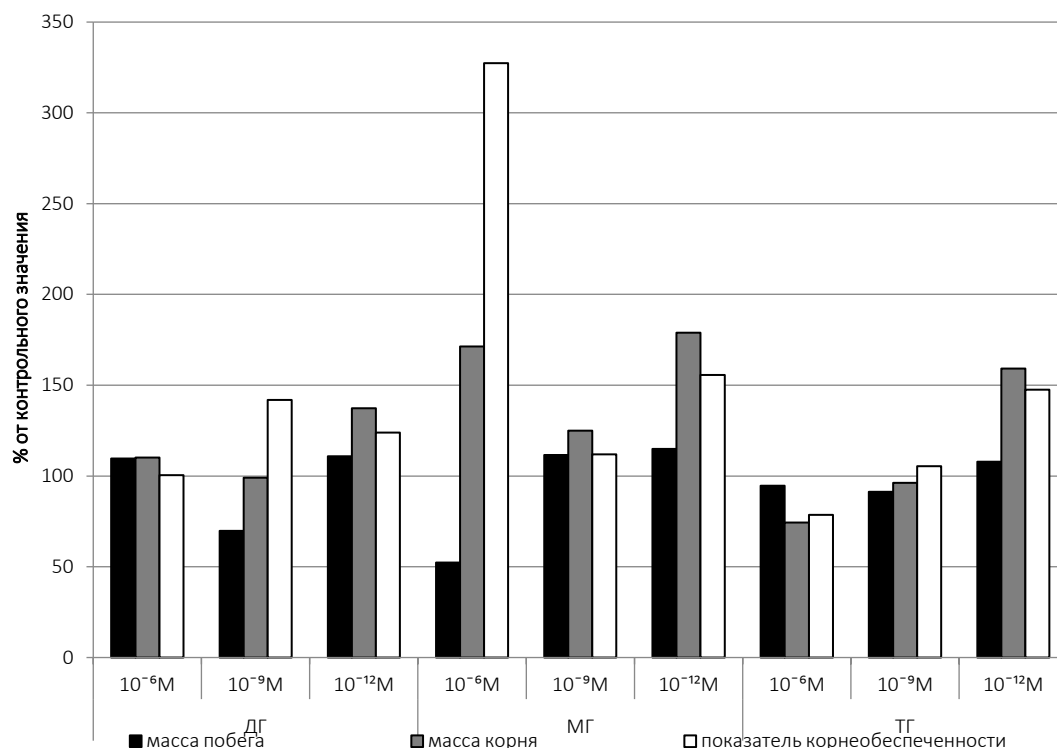


Рисунок 5. Влияние галогензамещенных диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен- и -нонан-9-онов на корнеобеспеченность проростков пшеницы, % от контроля

Максимальным значением показателем корнеобеспеченности характеризуются проростки, выращенные на 10^{-6} М МГ, что обусловлено значительным по сравнению с контролем - на 48% - подавлением накопления сухого побега и в 1,7 раза увеличение массы корневой системы.

Таким образом, установлено стимулирующее влияние на накопление массы побега и корня испытуемых веществ в концентрации 10^{-12} М. Растворы ТГ и МГ способствовали увеличению массы корневой системы проростков при понижении концентрации испытуемых растворов. Испытуемые соединения способствовали повышению показателя корнеобеспеченности проростков; исключение составили проростки, культивированные на растворах ТГ в концентрации 10^{-6} М. Установлена обратная зависимость между значениями показателя корнеобеспеченности проростков и концентрацией ТГ.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Али Ахмед А.Х., Крылатова Я.Г. Бромирование 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии: Межвузовский сборник научных трудов XIII Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием, Саратов, 01–10 октября 2018 года. – Саратов: Издательство "Саратовский источник", 2018. – С. 20-21
2. Коробко В.В., Пчелинцева Н.В., Миронова Н.В., Крылатова Я.Г., Жестовская Е.С. Влияние (тио)семикарбазонов 2,4-диарилбицикло[3.3.1]нон-2-ен-9-онов на рост проростков *Triticum aestivum* L. // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. - 2019.-Т. 17. - Вып. 1.- С. 55-64.
3. Merchaut J.R., Menta J.B., Desai I.B. *Ind.J.Chem.Soc.* 1965, 3, N 2, 561.
4. Пчелинцева Н.В., Колеватова Я.Г., Маркова Л.И., Федотова О.В., Решетов П.В. 1,5-дикетонов. II. Особенности превращений полуциклических 1,5-дикетонов в кислых средах. *Журн.органич.химии.* 2008. Т. 44. № 9. С. 1283-1286.
5. Романовский И.В., Болтromeюк В.В., Гидранович Л.Г., Ринейская О.Н. Биорганическая химия. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. - 504 с.

6. Spessard S.J., Stoltz B.M. Progress toward the synthesis of Garsubellin A and related phloroglucins: the direct diastereoselective synthesis of the bicycle[3.3.1]nonane core//Organic Letters. 2002/ Vol.4, №11, P.1943-1946.

7. Stobbe H., Georgi Optisch active semicyklisch 1,5-Diketone der Cyklohexanreihe. J.Prakt.Chem. 1912. Bd. 86.- S.218-225, 232-241.

INFLUENCE OF HALOGEN-SUBSTITUTED DIARYLBICYCLONONEN- AND –NONANONE ON THE MORPHOGENESIS OF TRITICUM AESTIVUM L.

Krylatova Ya.G., Korobko V.V., Pchelintseva N.V.

The article presents the results of phytotesting halogen-substituted diarylbicyclo[3.3.1]non-2-en- and -nonan-9-ones, the synthesis of which is carried out under conditions of direct bromination, dehydrobromination and basic hydrolysis of dihalogenated compounds. The effect of the tested substances on the mass of roots and shoots, as well as the index of root supply of the seedling of spring soft wheat variety Saratovskaya 36 was established.

All test compounds at a concentration of 10^{-12} M have a stimulating effect on the accumulation of seedling mass and contribute to an increase in the the root-availability index (the exception was seedlings cultivated on a solution of 2,3-dibromo-2-phenyl-4-(4'-chlorophenyl)bicyclo[3.3.1]nonan-9-one at a concentration of 10^{-6} M).

Keywords: phytotesting, *Triticum aestivum* L., the root-availability index, halogen-substituted diarylbicyclo[3.3.1]non-2-en- and -nonan-9-ones.

Сведения об авторах:

Крылатова Яна Георгиевна

Доцент кафедры органической и биоорганической химии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, кандидат химических наук

E-mail: [yana.krylatova@yandex.ru](mailto: yana.krylatova@yandex.ru)

Коробко Валерия Валерьевна

Доцент кафедры микробиологии и физиологии растений, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, кандидат биологических наук

E-mail: [v.v.korobko@mail.ru](mailto: v.v.korobko@mail.ru)

Пчелинцева Нина Васильевна

Профессор кафедры органической и биоорганической химии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, доктор химических наук

E-mail: [pchelinzevanv555@mail.ru](mailto: pchelinzevanv555@mail.ru)

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ
(ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

УДК 66.067

ГОДОВОЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ РЕКИ ВОЛГА И ЭКСПРЕСС МЕТОД ДООЧИСТКИ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Власова А.Ю., Галлямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю.

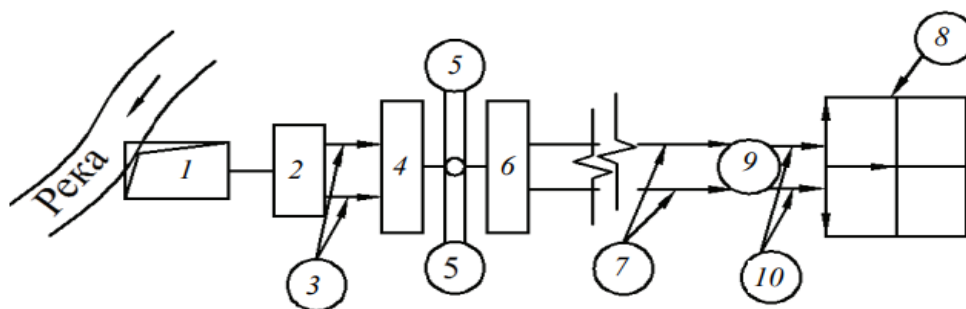
В данной статье рассматриваются изменения выборочных параметров качества природной воды реки Волга за 2022 г. Основной акцент был сделан на сезонные изменения в паводковый период (апрель-май) и летние месяцы (июль-август). Отбор проб производился строго по ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». В качестве оценки были выбраны следующие показатели: водородный показатель, мутность, цветность, щелочность, жесткость перманганатная окисляемость, ХПК, БПК, содержание ионов-аммония. В качестве методов оценки были использованы титриметрические и турбидиметрические методики. По полученным данным были определены «слабые» стороны подготовки воды при сезонных изменениях. Предложены мероприятия по модернизации, строительству и реконструкции объектов централизованных систем водоснабжения для повышения надёжности работы в паводковый период, обеспечении экологической безопасности, снижения затрат на эксплуатацию и ремонт комплекса.

Ключевые слова: природная вода, водоснабжение, очистка, паводковый период, мониторинг, анализ.

Выбор водоисточника является одной из главных задач при проектировании системы водоснабжения. Как правило, в качестве источника водоснабжения выступает поверхностный источник, чаще реки. Поверхностные водоисточники характеризуются значительными колебаниями качества воды в разные времена года, а также большое влияние оказывает профиль и объем промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных в районе водосбора. [1,2]

Водоисточником для города Казань является река Волга. Речная вода отличается значительной мутностью, цветностью, наличием органических соединений, особенно в паводковый период. Общеизвестно, что обеспечение потребителя качественной питьевой водой повышает уровень благоустройства города и улучшает санитарное состояние, поэтому очистке воды до питьевого качества отводится особое место. [3]

На сегодняшний день большая часть водоочистных сооружений построена еще в XX веке, но в современном мире данные технологии очистки морально устарели и требуют реконструкцию. Реконструкция, внедрение дополнительного оборудования зависит от изменений показателей качества воды в водоисточнике. На рисунке 1 изображена наиболее распространенная схема водоснабжения.



Источник: заимствовано на основании [1]

Рисунок 1. Общая схема водоснабжения

1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – водоводы первого подъема; 4 – очистные сооружения; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7 – водоводы второго подъема; 8 – водопроводная сеть города; 9 – водонапорная башня; 10 – водоводы от водонапорной башни.

Из поверхностного источника вода забирается с помощью водозаборного сооружения 1 оснащенного насосной станцией первого подъема 2 по водоводам 3. Далее вода направляется на очистные сооружения 4. В качестве очистных сооружений часто используются смесительные устройства, отстойники и механические фильтры. После очистных сооружений вода накапливается в резервуарах чистой воды (РЧВ) 5, которые периодически опустошаются, чтобы не допустить застоя воды и вторичного биологического загрязнения. В РЧВ вода попадает с помощью насосного оборудования второго подъема 6 по водоводам 7 подается в наружную сеть города 8. Сеть города с водонапорной башней соединяют водоводы 10. [1,4]

Эффективность очистки воды напрямую зависит от первоначальных параметров качества природной воды. В паводковый период апрель-май и летний период июль-август качество воды в водоисточнике резко меняется, поэтому в данный период должны быть предложены дополнительные мероприятия по улучшению показателей качества очищенной воды. В рамках данной работы была поставлена цель, подбор экспресс метода доочистки природной воды с целью увеличения эффективности очистки. Для подбора метода необходимо решить следующие задачи:

- еженедельный отбор проб из анализируемого водоисточника;
- проведение лабораторного анализа по выбранным показателям качества;
- анализ полученных результатов.

В рамках современного мира данная тематика весьма актуальна, так как некачественная очистка воды влечет за собой следующие проблемы: частые промывки оборудования в результате частых биологических обрастаний, жалобы потребителей на несоответствие воды по органолептическим показателям.

Экспериментальная часть работы заключалась в следующем: в качестве объекта исследования была выбрана р. Волга (г. Казань). Забор, водоподготовка, подача и распределение питьевой воды осуществляется на водозаборе «Волжский». Основным источником водоснабжения - поверхностный водозабор «Волжский», который забирает исходную воду из реки Волги насосной станцией 1-го подъема и направляет на станцию водоподготовки для дальнейшей очистки и хранения. [5] Температура воды в реке Волга колеблется в диапазоне 3-20 °С.

В данной статье представлена большая работа по анализу выборочных показателей качества воды за 2022 г. Отбор проб и проведение лабораторных анализов производилось каждую неделю. Отбор проб производился строго по ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». [6] Для лабораторного анализа были выбраны следующие показатели: водородный показатель, мутность, цветность, щелочность, жесткость, перманганатная окисляемость, ХПК, БПК, содержание ионов аммония. Суммарно данные показатели характеризуют воду по концентрации органических соединений и возможности

проведение эффективной коагуляции. Недостаточная очистка от органических соединений влечет за собой биологическое загрязнение оборудования, трубопроводов, наличие запаха, вкуса, привкуса.

Анализы проводились по гостированным методикам, в день отбора пробы. Были использованы титриметрическими и фотометрическими методы. В качестве приборной базы было использовано следующее аналитическое оборудование: рН-метр Hanna, спектрофотометр Shimadzu UV-1800. [7,8]

Результаты

В сводной таблице 1 представлены усредненные (по неделям) измеренные показатели качества воды в реке.

Таблица 1

Показатели качества воды в р. Волга по месяцам за 2022 г.

| Месяц | Показатели качества воды | | | | | | | | |
|----------|--------------------------|----------------|------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| | рН, ед | Мутность, мг/л | Цветность, град. | Щелочность, ммоль/л | Жесткость, °Ж | Пер.ок, мгО ₂ /л | ХПК, мгО ₂ /л | БПК, мгО ₂ /л | Ионы аммония, мг/л |
| Январь | 7,5 | 3,7 | 21 | 4,0 | 6,1 | 5,8 | 20 | 0,82 | 0,56 |
| Февраль | 7,0 | 4,3 | 19 | 4,1 | 5,5 | 5,4 | 23 | 2,8 | 0,68 |
| Март | 7,3 | 5,8 | 20 | 3,6 | 5,2 | 6,4 | 25 | 3,6 | 0,65 |
| Апрель | 7,6 | 21 | 30 | 2,7 | 3,6 | 9,5 | 28 | 20 | 0,4 |
| Май | 7,3 | 18 | 56 | 2,0 | 3,0 | 10,9 | 32 | 0,6 | 0,6 |
| Июнь | 6,9 | 14 | 46 | 2,3 | 4,1 | 10,5 | 33 | 2,3 | 0,41 |
| Июль | 8,3 | 17 | 31 | 2,8 | 4,5 | 9,6 | 32 | 5,1 | 0,39 |
| Август | 8,0 | 15 | 20 | 3,4 | 4,9 | 7,9 | 29 | 3,9 | 0,31 |
| Сентябрь | 8,2 | 12 | 13 | 3,6 | 5,2 | 6,8 | 27 | 3,8 | 0,22 |
| Октябрь | 8,1 | 8 | 12 | 3,3 | 5,3 | 6,4 | 25 | 3,5 | 0,18 |
| Ноябрь | 7,8 | 5 | 15 | 3,4 | 5,6 | 6,1 | 23 | 2,5 | 0,25 |
| Декабрь | 7,6 | 4 | 16 | 3,5 | 5,8 | 5,8 | 22 | 1,3 | 0,49 |

Источник: Составлено автором на основании лабораторного анализа

По результатам анализа видно, что физические показатели, такие как мутность и цветность, значительно меняются в весенние месяцы (апрель-май) и летние (июль-август). Изменения физических показателей воды в реке могут быть настолько резкими, что происходит увеличение в 2-3 раза менее чем за сутки. Поэтому в данные промежутки необходимо увеличить частоту отбора проб воды для анализа.

Причиной изменений состава воды в весенний период является большой слив талых вод и как следствие увеличение цветности, мутности, бактериальной загрязненности. В летние периоды изменение показателей объясняется активным развитием фотопланктона и других микроорганизмов.

По химическим показателям вода в данные периоды также нестабильна, количество органических соединений резко увеличивается и характеризизуется по таким показателям, как перманганатная окисляемость, ХПК, БПК.

Физико-химические показатели качества речной воды меняются не только по сезонам года, но и кратковременно (эпизодически), в течение более коротких периодов. Поэтому технология очистки воды в эти периоды требует реконструкции, либо введения дополнительных мероприятий, которые будут улучшать эффективность очистки. Учитывая невозможность быстрых технологических изменений в короткие сроки наиболее популярны экспресс методы, которые не требуют больших вложений и пригодны для временного использования. К таким методам относится «углевание». «Углевание» - процесс дозирования угольной пульпы, приготовленной на основе активированного древесного порошкообразного угля смешанного с водой. Данный способ позволяет очистить воду от микро- и нано-концентраций гидрофобных органических веществ,

улучшить показатели очистки в «пиковый» период. Дозирование осуществляется в виде угольной пульпы (суспензия угля и воды), доза пульпы рассчитывается по количеству загрязнений и может варьироваться в диапазоне от 3 до 6 мг/л. При наличии техногенных загрязнений в виде нефтепродуктов концентрация угольной пульпы может быть увеличена.

«Углевание» проводят, непрерывно добавляя в воду угольную пульпу. Точка дозирования подбирается индивидуально с учетом технологических особенностей и удобства дозирования. Время контакта угольной пульпы и воды должно быть не менее 8-10 минут. Угольная пульпа не проходит через фильтрующий материал и не влияет на фильтроцикл, фильтрующая скорость сохраняется на заданном уровне. Промывка фильтра не осложняется, а время промывки не увеличивается. На сегодняшний день есть положительный опыт использования данной технологии для очистки воды, но рабочие параметры и особенности проведения метода подбираются экспериментально на макетных или опытно-промышленных испытаниях. [9-12]

Учитывая пиковый рост показателей качества воды в реке Волга в мае и июне необходимо спроектировать узел дозирования угольной пульпы на станции водоочистки. Данный способ позволит сохранить эффективность очистки.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Колова А.Ф., Пазенко Т.Я. Водоснабжение и водоотведение: учебное пособие / А.Ф. Колова, Т.Я. Пазенко – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 148 с.
2. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М. Г. Журба – Москва: АСВ, 2004.
3. Аширов А.А. К вопросу экологического мониторинга водоснабжения малых городов юга Кыргызстана (на примере города Кызыл-Кия) // Известия ВУЗов. 2010. №6. С. 173-174.
4. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, К. С. Орлов, О. Р. Самусь и др./ под ред. Ю. П. Соснина– 3 – е изд., испр. – Москва: Высш. шк., 2009. – 415 с.
5. Постановление Исполнительного комитета г. Казани №4345 от 10.12.2015 «Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения в административных границах муниципального образования города Казани на период с 2016 по 2025 год»
6. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».
7. Водоснабжение и водоотведение в жилищно-коммунальном хозяйстве: лабораторный практикум, учебное пособие / сост. А.Ю. Власова. С.М. Власов – Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т, 2020. – 53 с.
8. ФГБУ «Гидроспецгеология» Центр государственного мониторинга состояния недр и региональных работ. Краткая информация о состоянии подземных вод в районе г. Казани. 2021 [Электронный ресурс] URL: <https://geomonitoring.ru/> (Дата обращения: 10.12.2022).
9. Фесенко Л.Н., Бессарабов С.Ю., Щукин С.А., Игнатенко С.М. Экспериментальные исследования дезодорации донской воды углеванием с применением активных антрацитов донбасского угольного бассейна // Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2017" Материалы X - Юбилейной Международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 54-62.
10. ООО "НТИ-КОМПАКТ" 06.19-19И.292 Определение условий углевания воды на станции водоподготовки г. Архангельска // РЖ 19И. Общие вопросы химической технологии. - 2006. - №19. - С.292.
11. Сухоручко А.В. Улучшение органолептических свойств воды // руды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Том Часть V. - 2016. - С. 52-54.
12. Сидаш С.Б., Фесенко Л.Н., Пчельников И.В., Исраилов Р.В., Черкесов А.Ю., Маликова А.В. Беспылевая технология приготовления угольной пульпы из активных антрацитов донбасского месторождения для дезодорации питьевой воды // Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2018". - 2018. - С. 100-106.

Vlasova A.Y., Galyamov R.R., Sharifullina A.Y.

This article discusses the changes in the sample parameters of the quality of natural water of the Volga River in 2022. The main emphasis was placed on seasonal changes during the flood period (April–May) and the summer months (July–August). Sampling was carried out strictly according to GOST R 51592-2000 "Water. General requirements for sampling". The following indicators were selected as an assessment: hydrogen index, turbidity, chromaticity, alkalinity, hardness, permanganate oxidizability, COD, BOD, ammonium ion content. Titrimetric and turbidimetric techniques were used as evaluation methods. According to the data obtained, the "weak" sides of water treatment during seasonal changes were identified. Measures are proposed for the modernization, construction and reconstruction of centralized water supply systems to improve the reliability of operation during the flood period, ensure environmental safety, reduce the cost of operation and repair of the complex.

Keywords: natural water, water supply, purification, flood period, monitoring, analysis

Сведения об авторах:

Власова Алена Юрьевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомные и тепловые электрические станции»

E-mail: vlasovaay@mail.ru

Галямов Роман Равилевич

Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Старший преподаватель

Шарифуллина Альбина Юрьевна

Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Старший преподаватель

НАУКИ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 502

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ИЗ РАЙОНОВ СНЕГОВЫХ ПОЛИГОНОВ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Калинина М.В., Петухова Г.А.

Исследования проводили на травянистых растениях: овсе посевном, редьке посевной, выращенных на пробах почв с двух снеговых полигонов, различающихся по годам использования. Чувствительность растений на загрязнения из почвы определяли по результатам всхожести семян, морфометрического анализа: длины корней, длины гипокотилы, длины всего растения, а также ряду биохимических показателей: концентрации продуктов перекисного окисления липидов, содержанию пигментов фотосинтеза и фенольных соединений. В пробах почвы методом химического анализа были измерены концентрации тяжелых металлов: Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, Mn, Fe. Чувствительность по большинству изученных показателей у овса посевного оказалась больше, чем у редьки посевной, к действию почвы со Старого снегового полигона относительно контроля по сравнению с действием почвы с территорией полигона у озера Песьяное.

Ключевые слова: снеговые полигоны, овес посевной, пигменты фотосинтеза, фенолы, диеновые конъюгаты, основания Шиффа.

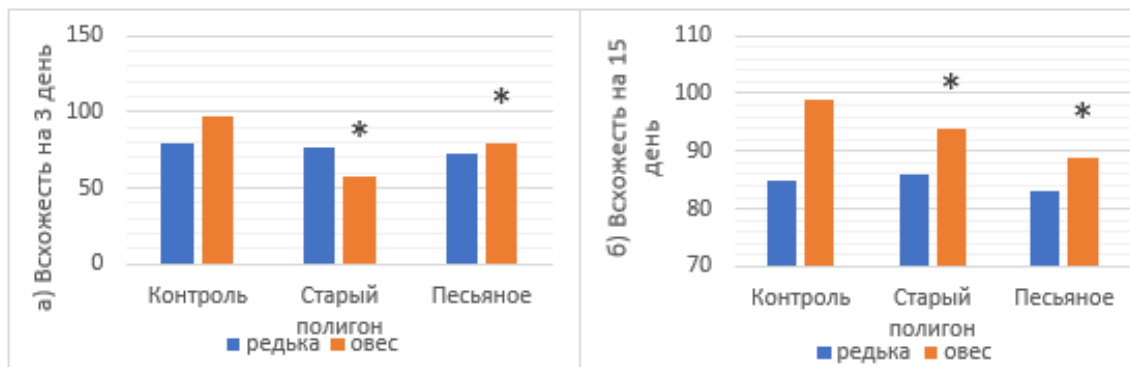
Деятельность человека оказывает большое влияние на экологическую обстановку городов и близлежащих к ним территорий. Было отмечено негативное влияние на растения почвы, насыщенной на протяжении длительного периода на специальных полигонах талой снеговой водой [4]. Действие антропогенных факторов приводит к существенным изменениям в растениях: нарушается органогенез, изменяются концентрации продуктов перекисного окисления липидов, пигментов фотосинтеза, фенолов и других соединений [5]. Условия окружающей среды, наряду с индивидуальными и специфическими видовыми особенностями организмов, являются одними из многочисленных факторов, от которых зависят сложные процессы поступления и накопления загрязняющих веществ в растения [3]. Токсиканты оказывают отрицательное влияние на многие молекулярно-генетические [10], биохимические и физиологические процессы [2], изменение которых напрямую, а также косвенно могут тормозить или полностью прекращать рост и развитие растений, в крайних случаях приводя к гибели организмов [1]. Видоспецифичные изменения концентраций пигментов фотосинтеза, содержания продуктов перекисного окисления липидов и фенолов уже неоднократно были отмечены в научных работах [10, 6, 7, 8, 9].

Для исследования в августе 2021 были отобраны пробы почвы, с трех территорий: контрольного участка - чистый район за пределами города в 4 км от автотрассы и двух территорий снеговых полигонов: 1) в районе озера Песьяное (использовался 4 года назад); 2) старый (использовался более 10 лет назад), расположенный в восточной части города по автомобильной дороге 71Н-1706. На пробах почвы были выращены редька посевная (*Raphanus sativus* var. *Radicula* L., 1753) и овес посевной (*Avena sativa* L., 1753). В зеленой массе растений производили измерение содержания диеновых конъюгатов и оснований Шиффа [12], концентрации пигментов фотосинтеза [13], а также количества фенольных соединений [11]. У растений, полученных при выращивании на пробах почв, были учтены всхожесть и проведены измерения длины корня, длины гипокотилы, длины побега, длины и ширины листьев.

Химический анализ проб почвы в 2022 году выявил превышение ПДК по никелю в 1,5 раза на севере Старого полигона, по кобальту до 2 раз в пробах с полигона у озера Песьяное.

Концентрация хрома была выше ПДК во всех образцах почвы с обоих полигонов, при этом на севере Старого полигона содержание металла было выше более, чем в 2 раза.

Всхожесть овса посевного в нашем исследовании на почвах с обоих полигонов была значительно снижена ($p < 0,05$) по сравнению с контролем на протяжении всего эксперимента. Редька посевная оказалась не чувствительна по этому показателю – значения соответствовали контролю ($p > 0,05$). Результаты представлены на рисунке 1.



Примечание: * – статистически достоверные отличия от контрольного варианта опыта ($p < 0,05$).

Рисунок 1. Всхожесть семян, выращенных в пробах земли из районов снеговых полигонов на 3 (а) и 15 (б) день эксперимента

При этом длина корня у овса оказалась выше контрольной ($p < 0,05$) на почвах с обоих полигонов, у редьки наблюдалось превышение длины корня относительно контроля только на почве со Старого полигона ($p < 0,05$), тогда как на почве с полигона у озера Песьяное достоверного уменьшения длины корня выявлено не было ($p > 0,05$). При этом длина всего растения достоверно снизилась по сравнению с контролем у редьки на всех пробах почв ($p < 0,05$), а у овса уменьшение длины всего растения относительно контроля было только на почве с полигона у озера Песьяное ($p < 0,05$). Длина гипокотилия у всех тест-объектов оказалась значительно ниже ($p < 0,05$), чем у контроля на пробах почвы с обоих полигонов. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Морфометрические показатели растений, выращенных в пробах земли из районов снеговых полигонов

| Опыт | N семян | длина корня, см | длина гипокотилия, см | длина растения, см |
|------------------------|---------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Редька посевная | | | | |
| Контрольный участок | 85 | 7,0 ± 0,32 | 5,3 ± 0,20 | 6,5 ± 0,23 |
| Песьяное | 331 | 6,6 ± 0,40 | 4,2 ± 0,16* | 5,1 ± 0,19* |
| Старый полигон | 343 | 7,3 ± 0,15* | 4,6 ± 0,18* | 5,4 ± 0,21* |
| Овес посевной | | | | |
| Контрольный участок | 99 | 10,7 ± 0,25 | 3,5 ± 0,05 | 18,6 ± 0,30 |
| Песьяное | 356 | 11,4 ± 0,30* | 3,2 ± 0,06* | 17,2 ± 0,35* |
| Старый полигон | 377 | 12,1 ± 0,30* | 3,1 ± 0,07* | 18,1 ± 0,31 |

Примечание: * - статистически достоверные отличия от контрольного варианта опыта ($p < 0,05$).

Таким образом, морфометрический анализ показал, что овес и редька имеют разную чувствительность, в то время как по результатам всхожести отличия были выявлены только у овса. Количество отличий по морфометрическим показателям на территориях обоих полигонов одинаково и у овса, и у редьки, однако у овса больше изменяется длина корня и длина гипокотилия, а у редьки – длина гипокотилия и длина всего растения

Наряду с морфометрическими показателями проводили анализ биохимических показателей, в частности по содержанию продуктов перекисного окисления липидов, которые отражали повреждаемость клеток у опытных растений.

Содержание продуктов перекисного окисления липидов у обоих объектов на обоих полигонах оказалось выше контрольного значения ($p < 0,05$). При этом концентрация диеновых конъюгатов в 2 раза превышала контрольные значения ($p < 0,05$), а оснований Шиффа в 3 раза ($p < 0,05$) у овса, выращенного на почве со Старого полигона (табл. 2), у редьки превышение контроля выявлены по обоим показателям ПОЛ, но не столь существенные как у овса.

Помимо содержания продуктов перекисного окисления липидов у растений, выращенных на почве из районов снеговых полигонов, провели оценку содержания пигментов фотосинтеза, которые также являются важным показателем состояния процессов жизнедеятельности растений, поскольку они участвуют в энергетических процессах зеленых клеток, а также каротиноиды, как антиоксиданты, являются важной частью в работе защитных механизмов растений.

Таблица 2

Концентрация продуктов перекисного окисления липидов у растений, выращенных в пробах земли из районов снеговых полигонов

| Опыт | Концентрация диеновых конъюгатов, усл.ед./мг липидов | Концентрация шиффовых оснований, усл.ед./мг липидов |
|---------------------|--|---|
| Редька посевная | | |
| Контрольный участок | 6,7 ± 0,33 | 0,5 ± 0,08 |
| Старый полигон | 8,6 ± 0,15* | 0,6 ± 0,08* |
| Песьяное | 7,7 ± 0,26* | 0,8 ± 0,13* |
| Овес посевной | | |
| Контрольный участок | 5,3 ± 0,06 | 0,3 ± 0,07 |
| Старый полигон | 10,6 ± 0,26* | 0,9 ± 0,12* |
| Песьяное | 7,0 ± 0,17* | 0,6 ± 0,18* |

Примечание: * - статистически достоверные отличия от контрольного варианта опыта ($p < 0,05$).

Концентрация пигментов фотосинтеза была ниже контроля у овса и у редьки, выращенных почвах с обоих полигонов ($p < 0,05$). При этом суммарное количество пигментов у редьки было ниже контроля в 2 раза ($p < 0,05$) на почве со Старого полигона и в 3,5 раза ($p < 0,05$) на почве с полигона у озера Песьяное. А у овса снижение концентрации пигментов фотосинтеза более, чем в 3 раза ($p < 0,05$) относительно контроля отмечено на почве со Старого полигона, почти в 2 раза ($p < 0,05$) по сравнению с контролем – с полигона у озера Песьяное (табл. 3).

Концентрация каротиноидов и общая концентрация пигментов снижается по сравнению с контролем у всех растений с обоих полигонов. В почве со Старого полигона сильнее уменьшается относительно контроля концентрация каротиноидов и суммарное количество пигментов у овса, а с озера Песьяное сильнее снижается концентрация пигментов у редьки.

Наряду с концентрацией пигментов фотосинтеза провели измерение содержания фенольных соединений, поскольку фенолы, как и каротиноиды, имеют антиоксидантные свойства, которые позволяют растениям ликвидировать последствия загрязнений из почвы. Снижение концентрации пигментов фотосинтеза у растений с загрязненных почв уже было показано для разных видов растений в работах А. С. Петухова [6, 7, 8, 9].

Таблица 3

Концентрация пигментов фотосинтеза у растений, выращенных в пробах земли из районов снеговых полигонов

| Опыт | Концентрация хлорофилла а, мг/100гр навески | Концентрация хлорофилла b, мг/100гр навески | Концентрация каротиноидов, мг/100гр навески | Суммарное количество пигментов, мг/100гр навески |
|---------------------|---|---|---|--|
| Редька посевная | | | | |
| Контрольный участок | 55,3 ± 1,92 | 80,0 ± 3,27 | 58,3 ± 2,20 | 193,7 ± 7,40 |
| Старый полигон | 29,7 ± 1,49* | 28,2 ± 1,47* | 28,8 ± 1,38* | 85,5 ± 3,71* |
| Песьяное | 20,8 ± 0,88* | 13,8 ± 0,96* | 21,1 ± 1,32* | 55,9 ± 3,18* |
| Овес посевной | | | | |
| Контрольный участок | 210,0 ± 3,80 | 114,2 ± 6,38 | 175,3 ± 9,54 | 499,6 ± 19,73 |
| Старый полигон | 57,9 ± 3,85* | 30,2 ± 4,99* | 58,4 ± 4,57* | 146,6 ± 13,42* |
| Песьяное | 86,3 ± 5,60* | 43,6 ± 4,63* | 86,6 ± 4,86* | 216,5 ± 15,09* |

Примечание: * - статистически достоверные отличия от контрольного варианта опыта ($p < 0,05$).

Было отмечено значительное снижение по сравнению с контролем концентрации фенольных соединений в растениях. Наибольшее число отличий по этому признаку выявлено у овса – на обоих полигонах концентрация фенольных соединений ниже контрольного значения ($p < 0,05$). У редьки достоверное снижение концентрации фенолов относительно контроля ($p < 0,05$) было выявлено только в образцах с полигона у озера Песьяное (табл. 4). Сильнее концентрация фенольных соединений меняется у овса посевного на почвах с обоих полигонов.

Таблица 4

Концентрации фенольных соединений (мг/10мл) у растений, выращенных на пробах почвы с территорий снеговых полигонов

| Опыт | Овес посевной | Редька посевная |
|---------------------|---------------|-----------------|
| Контрольный участок | 7,1 ± 0,21 | 5,8 ± 0,18 |
| Старый полигон | 5,2 ± 0,30* | 5,7 ± 0,20 |
| Песьяное | 5,5 ± 0,23* | 4,9 ± 0,42* |

Примечание: * - статистически достоверные отличия от контрольного варианта опыта ($p < 0,05$).

Таким образом, приведенные исследования показали, что содержание загрязняющих веществ сказываются на показателях жизнедеятельности растений. Вероятно, овес посевной сильнее реагирует на почву с полигона у озера Песьяное: с повышенным содержанием никеля и хрома, а редька на почву со Старого полигона: с повышенным содержанием хрома и кобальта. Можно предположить, что овес наиболее чувствителен к повышенному содержанию кобальта, а редька к повышенным концентрациям никеля. На изменение концентрации фенольных соединений у растений могло повлиять повышенное содержание хрома в почвах с исследуемых районов.

Выводы:

По всхожести семян наибольшее число отличий от контроля было выявлено у овса посевного по сравнению с редькой посевной.

У обоих видов растений различия от контроля были выявлены по 3 морфометрическим показателя: длина корня, длина гипокотила, длина растения. У овса оказалась чувствительнее к загрязнению почвы длина корней и длина гипокотила, а у редьки длина гипокотила и длина всего растения.

Степень выраженности отклонений по биохимическим показателям: содержание продуктов перекисного окисления липидов, концентрации пигментов фотосинтеза и концентрации фенольных соединений от контроля больше у овса по сравнению с редькой. Чувствительность по большинству изученных показателей у овса посевного больше, чем у редьки

посевной, к действию почвы со Старого снегового полигона относительно контроля по сравнению с действием почвы с территорий полигона у озера Песьяное.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Pal, R. Phytochelatins: Peptides involved in heavy metal detoxification / R. Pal, J. P. N. Rai // *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2010. Vol. 160. P. 945–963.
2. Еськова Е.Н., Кириенко Н.Н. Влияние автотранспорта на фитотоксичность снежного покрова окрестностей г. Красноярска // *Вестник КрасГАУ №12.* 2016. 253 с.
3. Кайгородов Р.В. Устойчивость растений к химическому загрязнению. Учеб. пособие / сост.; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. С. 51.
4. Калинина М. В., Петухова Г. А. Влияние почвы с территорий снеговых полигонов города Тюмени на показатели жизнедеятельности растений // *Евразийский союз ученых. Серия: медицинские, биологические и химические науки. Том 1 №07 (100) (2022),* с. 36-38.
5. Нарбаев З.Н. Изучение чувствительности растений в условиях экологического стресса // *Вестник науки и образования № 12(90). Часть 2.* 2020, с. 10-12.
6. Петухов А. С., Кремлева Т. А., Петухова Г. А., Хритохин Н. А. Влияние антропогенного загрязнения среды г. Тюмени на показатели жизнедеятельности травянистых растений // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология.* 2021. Т. 21, вып. 1. С. 87–98.
7. Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А. Биохимические нарушения в клетках растений в условиях техногенного загрязнения // *Вестник Нижневартковского государственного университета.* 2018. № 3. С. 130-136.
8. Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А., Кремлева Т.А. Фенольная система защиты растений в условиях загрязнения среды г. Тюмени тяжелыми металлами // *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки.* 2019. Т. 161, кн. 1. С. 93–107.
9. Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А. Перекисное окисление липидов в клетках растений в условиях городской среды // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности.* 2018. Т. 26. № 1. С. 82–90.
10. Репкина, Н. С. Влияние тяжелых металлов на экспрессию генов у растений / Н. С. Репкина, В. В. Таланова, А. Ф. Титов // *Труды Карельского научного центра РАН.* 2013. № 3. С. 31–45.
11. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. М.: ВЛАДОС, 2001. 288 с.
12. Шведова А. А., Полянский Н. Б. Метод определения конечных продуктов перекисного окисления липидов в тканях – флуоресцирующих шиффовых оснований / А. А. Шведова, Н. Б. Полянский // *Исследование синтетических и природных антиоксидантов in vitro и in vivo: сб. науч. статей / Под ред. Бурлаковой Е. Б. М.: Наука, 1992. С. 72 –73.*
13. Шульгин, И.А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И.А. Шульгин, А.А. Ничипорович // *Хлорофилл. – Минск: Наука и техника, 1974. С. 127-136.*

PLANT RESPONSES TO POLLUTION OF SOIL FROM SNOWFILL AREAS OF THE CITY OF TYUMEN

Kalinina M.V., Petukhova G.A.

The research was carried out on herbaceous plants: oat sowing, radish sowing, grown on soil tests from two snowfields differing in years of use. Sensitivity of plants to soil contamination was determined by the results of seed germination, morphometric analysis: root length, hypocotyl length, length of the whole plant, as well as by a number of biochemical parameters: concentration of lipid peroxidation products, the content of photosynthetic pigments and phenolic compounds. Concentrations of heavy metals: Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Cd, Mn, Fe were measured in soil samples by chemical analysis. The sensitivity to the action of the soil from the Old Snow Range was greater for oats than for radish grass in most of the studied indicators in comparison with the action of the soil from the areas of the Pesyanoye Lake landfill.

Keywords: snowfields, oat, photosynthetic pigments, phenols, diene conjugates, Schiff bases.

Сведения об авторах:

Калинина Мария Витальевна

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»,
Студент (специалист)

E-mail: 100tmn@mail.ru, stud0000211059@study.utmn.ru

Петухова Галина Александровна

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»,
Д.б.н., профессор

E-mail: gpetuhova1@mail.ru, g.a.petukhova@utmn.ru

УДК 502/504

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ОТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРА ХПК К КОНЦЕНТРАЦИЯМ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ (ПАРАМЕТРА ХПК/ВВ) В ДЕЛЬТЕ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД

Мискевич И.В., Кузнецов Е.А.

В статье приведены результаты исследований по применению соотношения химического потребления кислорода (ХПК) и концентраций взвешенных веществ (ВВ) для контроля последствий сброса сточных вод города Архангельска в протоку Кузнечиха в дельте реки Северная Двина. Показано, что параметр ХПК/ВВ отражает особенности разбавления сточных вод при наличии влияния природных поверхностных вод с повышенным содержанием взвеси. Медиана этого параметра для фонового створа в протоке Кузнечиха составила 4,99, для очищенных сточных вод – 7,27 и для контрольного створа – 3,73. Сделано предположение, что за счет влияния более мутных вод боковых притоков Кузнечихи содержание органической взвеси в разбавляемых стоках становится меньше по сравнению с содержанием минеральной взвеси. В сточных водах в отличие от речных вод взвешенные вещества формируются в основном за счет вклада нерастворимых органических веществ. Рекомендовано использование рассматриваемого параметра для контроля сточных (дренажных) вод, образующихся при использовании карьеров для добычи алмазов, золота, песка, других полезных ископаемых и захоронения (складирования) различных отходов.

Ключевые слова: ХПК, взвесь, соотношение, статистики, Северная Двина, протока Маймакса, Архангельск, сточные воды, речные воды.

При контроле уровней загрязнения сточных и природных вод на территории России наиболее широко используются такие показатели как химическое потребление кислорода (ХПК), как индикатора валового содержания органики, и концентрация взвешенных веществ (ВВ). Данные показатели применяются при контроле процессов водопользования различных промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных объектов [1,2], но особый приоритет им отдан в целлюлозно-бумажной промышленности [3,4]. Однако в условиях таежной зоны России их прикладное использование осложняется наличием широкой изменчивости величин ХПК и концентраций взвеси в речных водах даже вне зон антропогенного влияния. При этом их значения могут быть сопоставимы с уровнями, наблюдаемыми в сточных водах. Таким образом, возможность выделения природной составляющей в содержании взвешенных веществ с помощью параметра ХПК/ВВ является актуальной исследовательской задачей.

Экспериментальная часть

Параметр ХПК/ВВ может успешно использоваться при контроле сброса дренажных вод в реки с таежными и тундровыми водосборами при разработке карьеров для добычи алмазов [5,6], золота, песка и других полезных ископаемых, а также устройства нефтешламовых амбаров. Это обусловлено очень низкими величинами ХПК в подземных и дождевых (талых) водах, заполняющих такие карьеры, по сравнению с содержанием трудноокисляемой органики в поверхностных водах северных рек. При крайне ограниченном объеме исследований по рассматриваемому соотношению остается невыясненным вопрос по его изменчивости в зонах сброса сточных вод, не имеющих отношение к объектам по добыче полезных ископаемых. Для решения данного вопроса были проведены исследования колебаний параметра ХПК/ВВ на

участке сброса сточных вод Соломбальского ЦБК (СЦБК) и коммунальных стоков города Архангельска в дельте реки Северная Двина. В настоящей статье представлены результаты этих исследований.

Для расчетов отношений величин ХПК к концентрациям взвешенных веществ использовались данные ежемесячных мониторинговых наблюдений за качеством сточных вод с объединенных очистных сооружений Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината, на которых также происходила очистка коммунальных стоков г. Архангельска, в период 2009-2014 годы. В 2015 году СЦБК был признан банкротом и в последующие годы через его очистные сооружения стали сбрасываться только хозяйственные сточные воды города Архангельска.

Сточные воды с объединенных очистных сооружений Соломбальского ЦБК поступали в дельтовую протоку Кузнечиху в устье р. Северной Двины через канализационный канал Хаторица. При анализе их влияния на дельтовые воды использовались данные ежемесячных наблюдений на фоновом створе на водозаборе СЦБК (8 км выше устья Хаторицы) и на контрольном створе (4 км ниже устья Хаторицы) в сезоны весна, лето и осень. Зимой ежемесячные наблюдения на контрольном створе не производились.

Результаты исследования и их обсуждение.

Распределение медианных концентраций взвешенных веществ и величин ХПК представлено на рис.1. В качестве оценки центра распределения используемых данных выбрана медиана, которая является робастной (помехоустойчивой) оценкой по сравнению со средним значением [7]. Рисунок показывает классическую ситуацию, типичную для водотоков при отводе в них очищенных сточных вод. Фиксируется минимум содержания загрязняющих веществ на фоновом створе, их максимум в сбрасываемых сточных водах и их относительно повышенное содержание на контрольном створе ниже по течению используемого водотока.

Но обращает на себя внимание, что интенсивность рассеивания органических веществ (уменьшение величины ХПК) происходит быстрее, чем рассеивание взвесей, хотя, в принципе, должна наблюдаться обратная картина, т.к. на последние помимо турбулентного разбавления действуют процессы гравитационного оседания. Параметр ХПК, в свою очередь, включает в себя не только нерастворимые частицы, но и растворимые фракции органических веществ, не зависящие от процессов седиментации частиц. Можно предположить, что на участке протоки Маймакса ниже точки сброса сточных вод СЦБК (ниже устья Хаторицы) имеются дополнительные источники поступления в дельтовые воды взвеси, сопоставимые с вкладом рассматриваемых стоков.

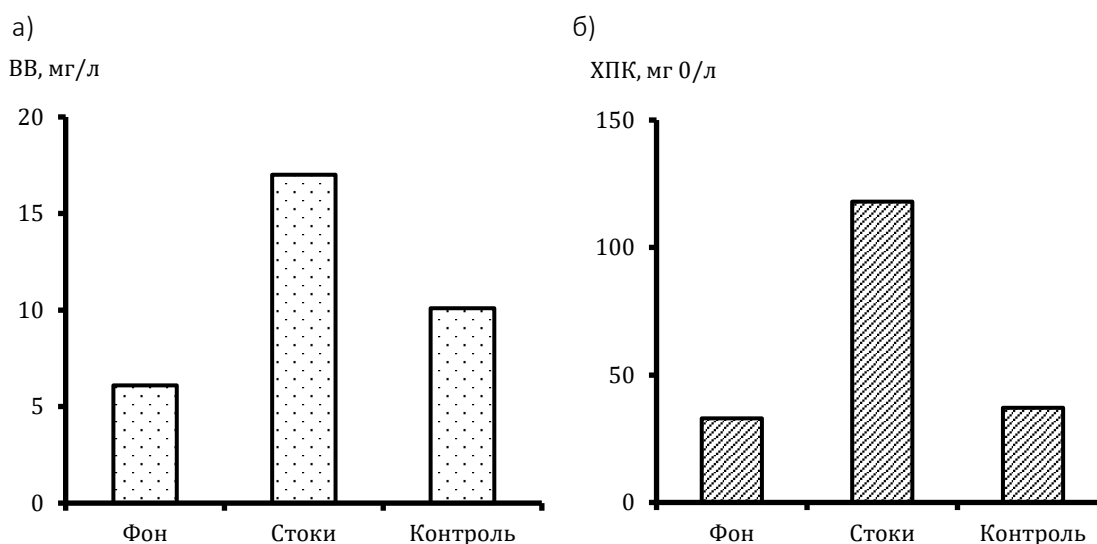


Рисунок 1. Пространственная изменчивость медианных концентраций взвеси (а) и параметра ХПК (б) на фоновом створе, в сточных водах Соломбальского ЦБК и на контрольном створе в протоке Кузнечиха в дельте р. Северная Двина в период 2009-2014 годы

Это подтверждают данные представленные на рис. 2. На нем показана изменчивость на вышеуказанных створах отношений концентраций взвешенных веществ и величин ХПК и коэффициентов линейной корреляции между ними. Имеет место обратная картина по сравнению с рис. 1. В частности, на контрольном створе по сравнению с фоновым створом заметно увеличивается доля взвеси в параметре ХПК/ВВ, а корреляция между этими параметрами на нем сильно уменьшается по сравнению с устьем Хаторицы и фоновым створом. Здесь необходимо обратить внимание на высокий коэффициент положительной корреляции между взвесью и ХПК в сточных водах. Он позволяет утверждать, что основную долю во взвеси в стоках СЦБК формируют нерастворимые органические вещества. На контрольном створе значимую роль в её концентрациях начинают играть частицы взвеси минерального происхождения.

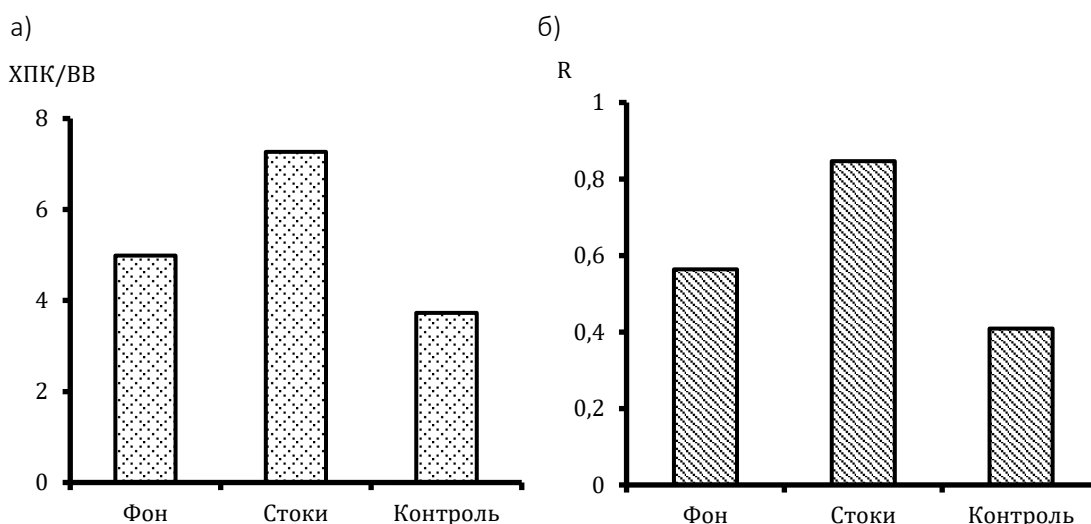


Рисунок 2. Пространственная изменчивость медианных значений отношений параметра ХПК к концентрациям взвешенных веществ (ХПК/ВВ) (а) и коэффициента корреляции между ХПК и ВВ (б) на фоновом створе, в сточных водах Соломбальского ЦБК и на контрольном створе в протоке Кузнечиха в дельте р. Северная Двина в период 2009-2014 годы

Для выявления возможных источников минеральной взвеси воспользуемся результатами исследований протоки Кузнечихи и её боковых притоков (рек), проведенных Северо-Западным отделением Института океанологии РАН в августе 2019 года. Они представлены в таблице 1. В ней параметр Σ означает минерализацию отобранных проб воды.

Полусуточные наблюдения за изменчивостью содержания взвеси на правобережной вертикали и на левобережной вертикали показывают, что у правого берега Кузнечихи вне зоны влияния сточных вод мутность дельтовых вод оказывается заметно выше, чем у левого берега, где происходит разбавление вод Хаторицы (стоков СЦБК).

Таблица 1

Результаты гидрологических полусуточных наблюдений на поверхностном горизонте в протоке Кузнечиха на створе 0,5 км ниже устья Хаторицы 22 августа 2019 г.

| Номер серии | Время | Левобережная вертикаль | | | Правобережная вертикаль | | |
|-------------|-------|------------------------|-----------------|----------|-------------------------|-----------------|----------|
| | | T, °C | Σ , мг/л | ВВ, мг/л | T, °C | Σ , мг/л | ВВ, мг/л |
| 1 | 6:00 | 15,7 | 240 | 5,1 | 15,7 | 264 | 8,6 |
| 2 | 8:00 | 15,5 | 161 | 6,0 | 15,5 | 212 | 7,2 |
| 3 | 10:00 | 16,2 | 148 | 3,3 | 16,2 | 191 | 4,0 |
| 4 | 12:00 | 16,2 | 168 | 4,2 | 16,1 | 196 | 6,0 |
| 5 | 14:00 | 15,7 | 144 | 6,0 | 16,0 | 169 | 6,2 |
| 6 | 16:00 | 16,0 | 143 | 7,3 | 16,0 | 169 | 6,9 |

Наиболее вероятной причиной данной ситуации, как показывает анализ космоснимков, является сток реки Лодьмы. Её устье расположено на правом берегу Кузнечи́хи в 0,8 км выше по течению от устья Хаторицы, которая располагается на левом берегу Кузнечи́хи. На космоснимках в также прослеживается поступление в протоку шлейфа мутных вод из реки Ижмы, расположенной на её правом берегу в 1,6 км ниже устья Хаторицы.

С другой стороны, рассматриваемый участок протоки Кузнечи́хи (её нижнее течение) располагается в зоне гравитационной ступени маргинального фильтра, определяющего характер обмена растворенными и нерастворенными веществами между сушей и морем [8]. Здесь в меженные периоды располагается галоклин, формирующий стратификационную структуру дельтовых вод с наличием верхнего распресненного слоя с минерализацией не более 1000 мг/л толщиной 3-5 метров, и нижнего придонного слоя с соленостью 5-10 ‰. В маловодные годы весь участок нижнего течения Кузнечи́хи, включая устье Хаторицы, могут занимать морские воды.

В работе [6] показано, что с возрастанием солености в устьях рек Белого моря наблюдается возрастание параметра ХПК/ВВ, и его минимум формируется в начале зоны смешения речных и морских вод. Рассматриваемый контрольный створ располагается в такой зоне, что соответствует наблюдаемой картине. Она отражает постепенную замену органических взвесей на минеральные по мере увеличения минерализации (солености) устьевых вод. Одновременно дополнительное увеличение доли минеральных нерастворимых веществ может происходить за счет перехода ряда растворимых соединений во взвешенное (нерастворимое) состояние при контакте пресных и соленых вод.

Полученные данные позволяют рекомендовать с осторожностью относиться к интерпретации высоких концентраций взвешенных веществ в нижнем течении протоки Кузнечи́хи при их обнаружении, как к последствиям сброса сточных вод.

Статистические характеристики изменчивости створах отношений концентраций взвешенных веществ и величин ХПК в водах протоки Кузнечи́хи и в стоках Соломбальского ЦБК приведены в таблице 2.

Таблица 2

Статистические характеристики изменчивости отношений величины ХПК к концентрациям взвешенных веществ на фоновом створе, в сточных водах Соломбальского ЦБК и на контрольном створе в протоке Кузнечи́хи в период 2009-2014 годы

| Статистики | Фоновый створ | Стоки | Контрольный створ |
|------------------------|---------------|-------|-------------------|
| Среднее значение | 7,17 | 5,83 | 4,19 |
| Стандартное отклонение | 1,42 | 3,93 | 1,66 |
| Медиана | 7,27 | 4,99 | 3,73 |
| Нижний квартиль (25%) | 6,29 | 3,45 | 2,88 |
| Верхний квартиль (75%) | 7,77 | 7,00 | 4,81 |
| Максимальное значение | 9,64 | 17,35 | 7,63 |
| Минимальное значение | 3,76 | 1,61 | 2,10 |
| Количество наблюдений | 17 | 17 | 17 |

Если рассматривать межквартильный интервал параметра ВВ/ХПК, как ядро статического распределения его величин [9], то его, в первом приближении, можно считать характерным диапазоном изменчивости данного параметра. Он для рассматриваемых стоков составил 3,45-7,00. Для рек северотаежной зоны, к которым относится Северная Двина, типично наличие высокого содержания трудноокисляемых веществ, т.е. значительных величин ХПК. В данной ситуации характерный диапазон изменчивости параметра ХПК/ВВ для речных вод на фоновом створе составил 6,3-7,8.

Для выделения различных по составу вод (незагрязняемые речные воды, загрязняемые речные воды и сточные воды), как показывает таблица 1, целесообразно использовать верхний и нижний квартили -75 % и 25 % точки в выборке исследуемых величин, ранжированной по убыванию. Эта статистики для сточных вод заметно отличаются от таких статистик для речных вод

различной степени загрязненности [10]. Данное предположение справедливо, по крайней мере, для устьевой области реки Северная Двина в период весна-лето-осень.

На других реках в указанный период и в устье р. Северной Двины в зимнюю межень характерные диапазоны изменчивости и квартили параметра ХПК/ВВ могут иметь значительные различия от вышеуказанных цифр [6]. Это связано с большими пространственно-временными колебаниями концентраций взвеси и величин ХПК в речных водах северных (арктических) территорий России и различной сезонной степенью влияния на сток рек подземных (грунтовых) вод.

Заключение

Результаты проведенных исследований дают возможность рекомендовать применение параметра ХПК/ВВ, как вспомогательный подход для оценки влияния антропогенных факторов на качество поверхностных вод. Он может быть полезен для изучения процессов смешения сточных и поверхностных вод, а также речных и морских вод, в водных объектах на североазиатских и арктических территориях. Например, в работе [6] было показано, что отношение содержания органики по ХПК к концентрациям взвешенных веществ по мере возрастания солёности увеличивается. Это природный процесс и его нарушение, в частности, при производстве гидротехнических работ на устьевых взморьях рек может служить одним из признаков значительного негативного воздействия на морскую (устьевую) экосистему.

Данная проблема требует дальнейшего изучения, учитывая отсутствие исследований по рассматриваемой теме, если не принимать во внимание работы авторов [5,6]. Тем не менее, уже на настоящем этапе работ по этой теме можно рекомендовать обязательное использование рассматриваемого параметра для контроля сточных (дренажных) вод, образующихся при использовании карьеров для полезных ископаемых.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 239 с.
2. Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 391 с.
3. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. III. Автоматизация, стандартизация, экономика и охрана окружающей среды в ИБП. Ч. 2. Охрана окружающей среды и охрана труда в ЦБП. СПб.: Политехника, 2010. 487 с.
4. Боголицын К.Г., Москалюк Е.А., Костогоров Н.М., Шульгина Е.В., Иванченко Н.Л. Применение интегральных показателей качества сточных вод для внутрипроизводственного эколого-аналитического контроля производства целлюлозы // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 343–352.
5. Мискевич И.В., Кузнецов Е.А. Характеристика сезонной изменчивости содержания взвеси в речных водах Беломорско-Кулойского плато // Естественные и технические науки. 2022. № 2 (165). С. 189–192.
6. Мискевич И.В., Нецветаева О.П., Кузнецов Е.А. Использование отношения химического потребления кислорода к концентрациям взвешенных веществ (параметра ХПК/ВВ) в геоэкологических исследованиях водных объектов европейского Севера // Успехи современного естествознания. № 12. 2022. С.75-79.
7. Шуленин, В. П. Математическая статистика. Ч. 3: Робастная статистика. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 520 с.
8. Шевченко В.П., Филиппов А.С., Новигатский А.Н., Гордеев В.В., Горюнова Н.В., Демина Л.Л. Рассеянное осадочное вещество пресноводных и морских льдов // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Отв. ред. Лисицын А.П., ред. Немировская И.А. М.: Научный мир, 2012. С. 169–200.
9. Тьюки Д. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. -М.: Мир,1981. 688 с.
10. Кузнецов В.С, Мискевич И.В., Зайцева Г.Б. Гидрохимическая характеристика крупных рек бассейна Северной Двины. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 195 с.

ESTIMATION OF THE VARIABILITY OF THE RATIO OF THE COD PARAMETER TO
THE CONCENTRATIONS OF SUSPENDED SUBSTANCES (COD/BB PARAMETER) IN THE DELTA OF
THE SEVERNAYA DVINA RIVER DURING WASTEWATER

Miskevich I.V., Kuznetsov E.A.

The article presents the results of research on the application of the ratio of chemical oxygen consumption (COD) and suspended matter concentrations (BB) to control the consequences of the discharge of wastewater from the city of Arkhangelsk into the Kuznechikha Channel in the delta of the Northern Dvina River. It is shown that the COD parameter/BB reflects the features of dilution of wastewater in the presence of the influence of natural surface waters with a high content of suspension. The median of this parameter for the background channel in the Kuznechiha channel was 4.99, for treated wastewater -7.27 and for the control channel -3.73. It was assumed that due to the influence of more turbid waters of the side tributaries of the Kuznechiha, the content of organic suspension in dilute effluents becomes less compared to the content of mineral suspension. In wastewater, unlike river waters, suspended solids are formed mainly due to the contribution of insoluble organic substances. The use of this parameter is recommended for the control of waste (drainage) waters formed when using quarries for the extraction of diamonds, gold, sand, other minerals and the burial (storage) of various waste.

Keywords: COD, suspension, ratio, statistics, Northern Dvina, Maymaks duct, Arkhangelsk, sewage, river waters.

Сведения об авторах:

Мискевич Игорь Владимирович

Ведущий научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, доктор географических наук, профессор Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова

E-mail: subarct@gmail.com

Кузнецов Егор Александрович

Аспирант Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова

E-mail: Kuznetsov2302@yandex.ru

УДК 628.544.723

СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Шелепина Н.В.

Одним из путей снижения воздействия отраслей экономики на поверхностные природные воды является повышение эффективности очистки сточных вод от поллютантов с использованием сорбционных материалов. В связи с этим актуальным направлением исследований является поиск сырья для получения высокоэффективных сорбентов. В данной статье проведен анализ методов и технологических приемов модификации лузги, шелухи, мучки и отрубей зерна, а также представлен обзор способов их комбинирования с высокосорбционными материалами. Изучены достоинства и недостатки различных способов модификации отходов переработки зерна. Эффективность использования отходов переработки зерна в качестве сорбентов для очистки поверхностных и промышленных сточных вод подтверждена в экспериментальных исследованиях, проведенных как отечественными, так и зарубежными учеными. Однако внедрение в практику технологий очистки сточных вод с использованием сорбционных материалов на основе отходов переработки зерна требует определенных затрат и проведения дополнительных исследований.

Ключевые слова: *поверхностные воды, промышленные сточные воды, загрязнение, отходы переработки зерна, модификация, сорбционные свойства.*

Введение.

Несмотря на то, что объемы сбрасываемых сточных вод в поверхностные водные объекты в последнее десятилетие стали сокращаться, проблема загрязнения природных вод по-прежнему актуальна. По данным статистики Минприроды РФ, в 2020 году отмечалось увеличение сброса свинца, натрия, алюминия, фенола, в 2021 году значительную долю среди загрязнителей составили сульфат-анион, калий, ртуть [12, 13]. Наибольшие объемы сброса загрязненных сточных вод приходятся на такие виды экономической деятельности как водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений, а также обрабатывающие производства.

Решение природоохранных и технологических проблем требует поиска новых, научно обоснованных методов очистки поверхностных и промышленных сточных вод. Выбор способа очистки зависит от вида технологического процесса, особенностей источников загрязнения, качества отработанных вод и т.д. Одним из наиболее эффективных и экологических методов очистки является сорбция. Удешевить процесс очистки загрязненных вод возможно за счет использования сорбционных материалов из отходов переработки растительного сырья, и, в частности, отходов зерна. Это позволяет перевести отходы во вторичные материальные ресурсы, расширить их применение в качестве реагентов для очистки сточных вод, а также повысить эффективность процесса на предприятиях с устаревшей технологией очистки.

Основная часть.

В настоящее время модификацию отходов переработки зерна производят с использованием химических, физических и физико-химических методов. Химическую модификацию производят растворами неорганических и органических кислот, щелочей,

неорганическими солями, органическими растворителями и т.д. [23, 30, 27, 25]. Модификация отходов переработки зерна растворами соляной и уксусной кислот, описанная в ряде научных работ, не показала существенных результатов. Вместе с тем, в исследовании [24] установлено, что лузга пшеницы и ячменя, обработанная, соответственно, 3%-ным и 1%-ным растворами серной кислоты, отличалась повышенной нефтеемкостью.

В установке (рис. 1) для обработки зерновых отходов 1%-ным раствором серной кислоты при давлении в 1 атм. за счет частичного разрушения кристаллической части полимеров отходов злаковых культур увеличивалась аморфность образцов, что приводило к улучшению их сорбционных свойств. Рекуперируемый раствор серной кислоты из перемешивающего устройства сливали в емкость. Модифицированный влажный сорбционный материал промывали водой до pH 7,0 и высушивали. Промывочную жидкость направляли в емкость для рекуперируемого раствора серной кислоты, а затем вместе со слитым рекуперируемым раствором минеральной кислоты подавали в емкость с 1%-ным раствором серной кислоты для повторного использования.

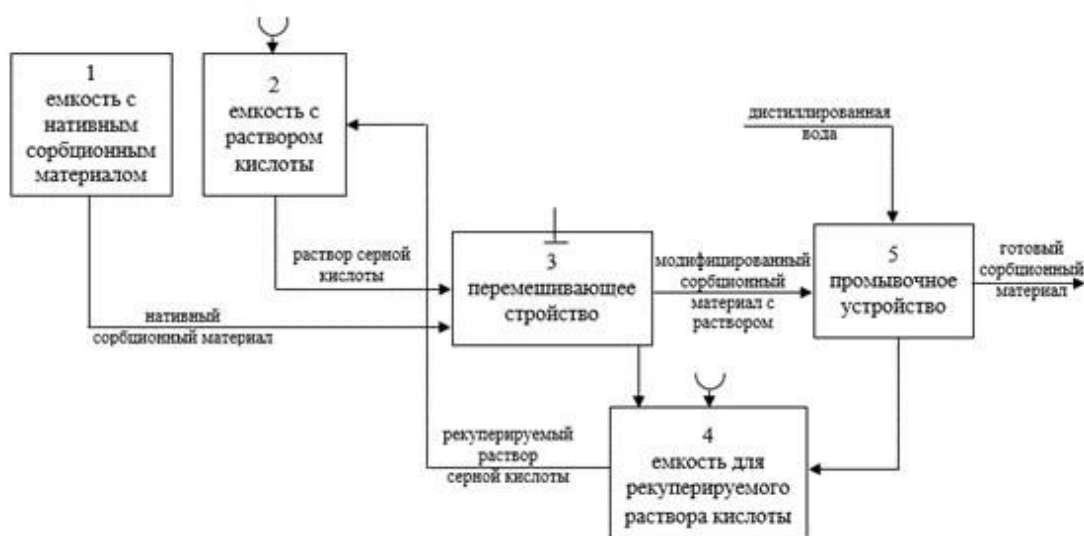


Рисунок 1. Установка для получения материалов для сорбционной очистки сточных вод [17]

В исследовании [3] инозитгексафосфорную кислоту из рисовой муки извлекали путем гидролиза 1%-ным раствором соляной кислоты при соотношении 1:5, непрерывном перемешивании или без него во временном интервале от 20 мин до 3 ч, при температуре 20-80°C. Экстракт отстаивали, промывали 1%-ным раствором соляной кислоты, с последующей ультрафильтрацией. Соли фитиновой кислоты осаждали из экстракта 10%-ным раствором щелочи при pH 7,0-8,0, профильтровывали, промывали водой и высушивали до постоянной массы, получая фитиновый сорбент с удельной поверхностью 6,7 м²·г⁻¹. В исследованиях [9] было показано, что данный материал извлекал из сточных вод ионы алюминия на 97%, свинца и стронция – на 89%, кадмия – на 93%.

Перспективным методом модификации отходов зерна является обработка раствором щелочи при низких температурах (мерсеризация) [28]. Регулируя параметры процесса, можно получать материалы с различной сорбционной способностью и селективностью к определенному виду загрязнителей. В работе [7] показано, что с увеличением концентрации щелочи степень набухаемости сорбента возрастает за счет увеличения количества гидрофильных групп на поверхности материала и улучшения его сорбционно-пористой структуры. Мерсеризация рисовой шелухи водным раствором NaOH концентрацией 120 г/л, при температуре 10-15°C, в течение 60 мин позволила в 3-5 раз увеличить ее сорбционную способность по отношению к ионам тяжелых металлов.

В ряде исследований установлено, что лузга зерна, подвергнутая кислотнo-щелочной обработке, благодаря наибольшей макропористости и объему мезопор, превосходит промышленные сорбенты по сорбционной активности в отношении нефтепродуктов и красителей. Активация зерновых отходов неорганическими кислотами, с последующей

обработкой органическими солями также значительно повышает степень извлечения загрязнителей [8].

Модификация лузги гречихи эпихлоргидрином, приводящая к аминированию полисахаридов и лигнина, способствовала улучшению ее сорбционных свойств по отношению к красителям, присутствующим в сточных водах текстильной, кожевенной и бумажной промышленности [29]. Обработка шелухи и отрубей зерна пшеницы 3%-ной аммиачной селитрой позволила повысить степень извлечения соединений хрома(VI) из промышленных стоков до 95,2% [19]. При обработке шелухи гречихи оксалатом аммония степень очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов составила 69,9% [2].

Для придания механических свойств и удобства в использовании сорбенты из отходов переработки зерна гранулируют. В работе [20] в смесь хитозана с уксусной кислотой добавляли порошок измельченной термообработанной шелухи проса в количестве 20%, перемешивали до однородной массы и вливали в 5%-ный раствор щелочи. Сформированные таким образом гранулы 24 часа выдерживали в растворе щелочи, промывали водой до нейтральной реакции среды и высушивали при комнатной температуре.

Путем поверхностно-инициированной радикальной полимеризации переноса атомов и свободнорадикальной полимеризации из отходов переработки зерна получали высокоэффективные привитые сополимеры, обладающие высокой сорбционной способностью, легкой отделяемостью после очистки сточных вод, с возможностью повторного использования [8, 31]. Композиционные сорбенты с углеродсодержащей основой в виде лузги отличаются большими объемами микропор и мезопор, что позволяет применять их для очистки загрязненных вод от таких загрязнителей как радионуклиды, ионы тяжелых металлов и органические красители [4].

Термообработка также способствует развитию пористой структуры сорбционных материалов [16] за счет разложения лигнина и целлюлозы, сопровождающегося образованием активного углерода, повышающего эффективность очистки вод от загрязнителей [33, 34]. Однако большинство способов получения углеродных сорбентов характеризуется высокой энергоемкостью, значительными материальными затратами, низким выходом и высокой себестоимостью конечного продукта.

Авторами [18] разработана полупромышленная термическая установка со сроком окупаемости около 6 месяцев (рис. 2).

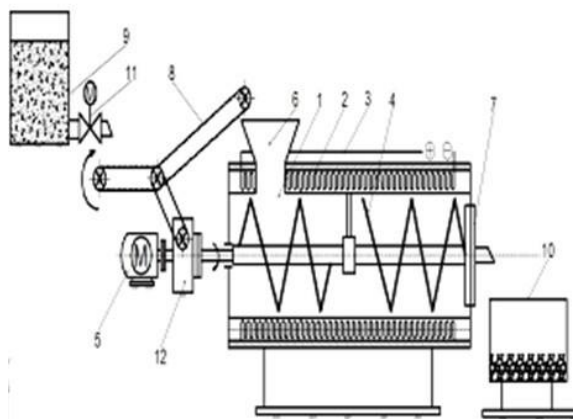
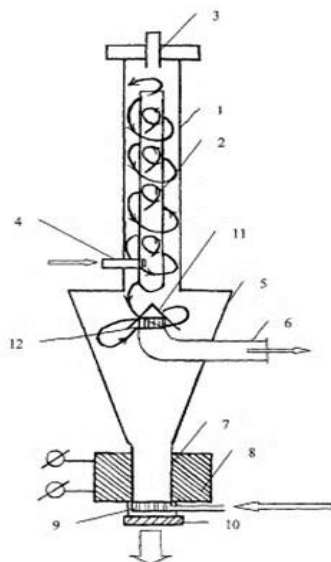


Рисунок 2. Схема для получения сыпучих адсорбентов из отходов зерна [18]

Отходы из емкости для хранения (9) поступали на транспортер (8), а затем, через бункер (6), в рабочую камеру для термической обработки отходов (1). Объем подачи сырья на ленту регулировался клапаном-регулятором (11), необходимая температура (300°C) обеспечивалась нагревательным элементом (2), а перемешивание отходов – движением шнека (4) за счет работы мотора (5) и редуктора (12). При удалении крышки для выгрузки адсорбента (7) готовый продукт поступал в емкость для хранения адсорбентов (10). Практическая реализация данного способа позволила получить из отходов переработки зерна материалы с высокой сорбционной емкостью

по отношению к нефти и нефтепродуктам.

Большинство способов получения диоксида кремния (кремнезема) из лузги зернового сырья отличается цикличностью, многостадийностью, необходимостью применения нескольких технических средств, низкой чистотой получаемого продукта. В установке (рис. 3) оптимизация процесса получения кремнезема из шелухи овса и риса достигалась путем непрерывной переработки сырья и его интенсификации. Изменяя температурный режим на стадии окислительного обжига, получали кремнийсодержащий сорбционный материал требуемой структуры.



- 1 – первая цилиндрическая печь; 2 – труба;
3 – патрубок; 4 – тангенциальный патрубок;
5 – сепарационный узел; 6 – устройство для вывода газов; 7 – вторая цилиндрическая печь;
8 – регулируемый внешний нагрев; 9 – устройство для подачи окислительного газа; 10 – разгрузочное устройство; 11 – зонтичная крышка; 12 – сепарирующие лопатки

Рисунок 3. Установка для переработки кремнийсодержащего сырья [14]

Сочетание термообработки с химической модификацией за счет достижения оптимального объема пор и площади сорбентов дает возможность производить очистку технологических сред сложного качественного и количественного состава. Сорбенты из измельченной рисовой лузги, химико-термически обработанной при 200-300°C в течение 15 мин, связывали не только тяжелые металлы, присутствующие в различных водных и смешанных водно-органических системах, но и ионы хлора, фтора и органические соединения [22]. В работе [10] предварительно промытую и просушенную рисовую лузгу нагревали при 450-500°C до потери 60% массы, а образовавшийся остаток охлаждали в воде (1:5), фильтровали и обрабатывали 2%-ным раствором уксусной кислоты. Осадок промывали водой, высушивали при температуре 100-105°C и измельчали. Полученный сорбент эффективно извлекал ионы тяжелых металлов из различных водных растворов. Недостаток данного метода заключался в образовании значительного количества продуктов разложения, вредных сточных вод и использовании дорогостоящего антикоррозионного оборудования.

Следует отметить исследование [3], в котором кремнийсодержащие сорбенты из рисовой шелухи получали по трем схемам: 1. термообработка сырья при 300, 500 и 600°C; 2. гидролиз сырья 0,1 н раствором минеральной кислоты при 90°C, в течение 1 часа, с последующим фильтрованием, промыванием водой, сушкой и обжигом при 600-700°C; 3. щелочной гидролиз сырья 1,0 н раствором щелочи при 90°C, с последующим осаждением кремнезема из раствора концентрированной соляной кислотой, промыванием до полного удаления хлорида натрия и высушиванием на воздухе при 60°C. Максимальная сорбционная емкость диоксида кремния, полученного по схеме 3, составила 12,7 мг·г⁻¹.

Обработка отходов переработки зерна плазмой пониженного давления приводит к улучшению гидрофобных свойств материалов, что связано с образованием на поверхности нанослоя углерода в результате карбонизации пропана и бутана, входящих в состав плазмообразующего газа [11]. При воздействии на поверхность лузги зерна потока плазмы происходит сглаживание выступающих фрагментов поверхности за счет выжигания углеводородами. Данный метод показал эффективность при обработке лузги зерен овса [1].

Наибольшая нефтеемкость сорбента достигалась при следующих условиях: плазмообразующий газ – смесь аргона и пропана в соотношении 70:30; расход газа – 0,06 г/сек; рабочее давление в камере плазмотрона – 26,6 Па; сила тока на аноде – 0,5 А; напряжение на аноде – 7,5 кВ; время обработки – 1 мин. Обработка лузги пшеницы в атмосфере пропана с бутаном повысила гидрофобные свойства сорбента на 44% [21]. Образцы лузги ячменя, обработанные ВЧ плазмой пониженного давления в атмосфере смеси пропана с бутаном или аргона с пропаном, отличались повышенной гидрофобностью, а степень удаления нефти превысила 99,6% [5]. Обработка в высокочастотной плазме лузги зерен риса с порошком оксида алюминия позволила получить сорбент, показавший свою эффективность в отношении нефтехимических загрязнений вод [15].

Для сокращения времени подготовки отходов переработки зерна к модификации китайские ученые предложили использовать СВЧ-облучение [32, 26]. Микроволновое воздействие позволяет ускорять химические реакции, эффективно удалять влагу, увеличивать площадь удельной поверхности и пористость сорбирующих материалов. Ограничения для использования данного метода в технологиях подготовки сорбентов заключаются в увеличении затрат на электроэнергию, отсутствии магнетронов промышленных масштабов, незначительной глубине проникновения микроволн в материал сорбента [6].

Выводы.

Отходы переработки зерна представляют собой ежегодно возобновляемое сырье, образующееся в результате деятельности предприятий, производящих крупы и муку. Модификация, а также комбинирование зерновых отходов с высокоэффективными сорбентами позволяет получать недорогие сорбционные материалы, которые в экспериментальных исследованиях показывают свою эффективность при очистке поверхностных и промышленных сточных вод от нефти, нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов, органических веществ, красителей и т.д. Использование модифицированных отходов переработки зерна в качестве материала сорбционных фильтров может повысить эффективность очистки загрязненных вод на очистных сооружениях и удешевить процесс за счет регенерации отработанных фильтров.

Несмотря на широкие возможности для использования отходов переработки зерна в качестве сорбентов для очистки поверхностных и промышленных сточных вод, проблема их утилизации пока не решена. Практическое применение очистки загрязненных вод сорбционными материалами из отходов переработки зерна сдерживается недостатком технологий массовой переработки, внедрение которых требует определенных затрат и дополнительных исследований, направленных на установление влияния структуры сорбентов и сорбатов на их сорбционные характеристики, оценку возможности повторного использования сорбентов, включая выбор условий десорбции, изучение сорбции загрязнителей сточных вод в производственных условиях.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Галимова Р.З. Очистка фенолсодержащих сточных вод модифицированными адсорбционными материалами на основе отходов сельскохозяйственного и промышленного производства. Дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2018. 128 с.
2. Земнухова Л.А., Шкорина Е.Д., Филиппова И.А. Изучение сорбционных свойств шелухи риса и гречихи по отношению к нефтепродуктам // Химия растительного сырья. – 2005. – №2. – С. 51-54.
3. Земнухова Л.А., Ярусова С.Б., Макаренко Н.В., Холомейдик А.Н., Федорищева Г.А., Гордиенко П.С., Шабалин И.А. Перспективы получения ряда функциональных соединений с использованием отходов производства риса: Монография. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 142 с. – С. 41-56.
4. Клинецвич В.Н., Флюрик Е.А. Способы использования лузги гречихи посевной // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – №1 (229). – С. 68-81.
5. Кондаленко О.А., Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Абдуллин И.Ш. Повышение сорбционной способности лузги ячменя воздействием потока плазмы // Безопасность в техносфере. – 2012. – Т. 1, № 6. – С. 57-62.
6. Коршикова Е.С., Фугаева А.М., Вялкова Е.И., Осипова Е.Ю. Микроволновая обработка

природных сорбентов в технологии очистки сточных вод // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 175-187.

7. Купчик Л.А., Денисович В.А., Салавор О.М., Ничик О.В. Использование мерсеризованной рисовой шелухи в качестве сорбентов ионов Cd(II), Pb(II) и Sr(II) из растворов // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2017. – № 2 (33). – С. 95-100.

8. Кушнир А.А., Сыпко К.С., Губин А.С., Сизо К.О., Суханов П.Т. Применение шелухи риса (*Oryza Sativa*) в качестве сорбционного материала для удаления поллютантов из водных сред // Химия растительного сырья. – 2022. – №3. – С. 5-26.

9. Макаренко Н.В., Евстропов Н.Е., Ковехова А.В., Арефьева О.Д., Егоркин В.С., Панасенко А.Е. Извлечение ионов Al^{3+} , Pb^{2+} , CD^{2+} и SR^{2+} фосфорсодержащим продуктом из рисовой муки // Химия растительного сырья. – 2022. – №3. – С. 317-324.

10. Меретин Р.Н. Сорбционные свойства угольно-минерального сорбента на основе рисовой лузги по отношению к ионам тяжелых металлов // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т. 19, №6. – С. 703-710.

11. Николаева Л.А., Голубчиков М.А. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод от нефтепродуктов модифицированным карбонатным шламом: монография. – Казань: КГЭУ, 2018. – 100 с.

12. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2021. – 864 с.

13. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2022. – 684 с.

14. Пат. 2245300 РФ. Способ переработки кремнийсодержащего растительного сырья и установка для его осуществления. Л.А. Земнухова, А.А. Юдаков, В.И. Сергиенко. № 2003137329/15; Заявл. 24.12.2003; Опубл. 27.01.2005. Бюл. № 3.

15. Пат. 2459660 РФ. Сорбент для удаления нефтехимических загрязнений из жидких сред и способ его получения. И.Ш. Абдуллин, И.Г. Гафаров, Г.М. Мишулин, Г.З. Паскалов, Т.Н. Светлакова, В.А. Усенко, Р.Ф. Шарифеев. № 2010145676/05, Заявл. 09.11.2010; Опубл. 27.08.2012. Бюл. № 24.

16. Пат. 2597400 РФ. Способ получения композиционного сорбента на основеминерального и растительного углеродсодержащего сырья. В.Д. Буханов, А.И. Везенцев, П.В. Соколовский, В.М. Мухин, В.В. Гурьянов, В.В. Милютин, Х.Т. Нгуен. № 2015113294/05; Заявл. 10.04.2015; Опубл. 10.09.2016. Бюл. № 25.

17. Пат. 2778531 РФ. Способ и установка для получения материалов для сорбционной очистки сточных вод. Е.С. Николаева. № 2022101644; Заявл. 25.01.2022; Опубл. 22.08.2022. Бюл. № 24.

18. Собгайда Н.А., Макарова Ю.А., Ульянова В.В., Чиркова В.С., Шайхиев И.Г. Термическая установка для получения адсорбентов из отходов сельхозпереработки // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 7. – С. 185-188.

19. Советова К., Исмаилова А.Г. Очистка сточных вод, содержащих хром (VI) // Вестник Казахского национального университета. Серия химическая. – 2020. – Т. 99, №4. – С. 4-10.

20. Тарановская Е.А., Собгайда Н.А., Маркина Д.Ю., Морев П.А. Технология получения и использования композиционных материалов из хитозана и шелухи проса для очистки стоков от ионов тяжелых металлов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2016. – №1 (21). – С. 50-62.

21. Трушков С.М., Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Абдуллин И.Ш. Высоочастотная плазменная модификация лузги пшеницы с целью повышения сорбционной емкости // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – №2 (20). – С. 56-59.

22. Черкашина Н.И., Любушкина А.В., Литвинова А.О. Конкурентная сорбция лигниновых препаратов для очистки сточных вод // Энергетические установки и технологии. – 2018. – Т. 4, №2. – С. 109-114.

23. Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзазаде Ф.А. Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод // Вестник технологического

университета. – 2015. – Т.18, №20. – С. 263-266.

24. Шайхиев И.Г., Кондаленко О.А., Трушков С.М. Отходы от переработки сельскохозяйственных культур в качестве сорбентов для удаления нефтяных пленок с поверхности воды // Экология. – 2010. – № 5/Н (11). – С. 46-50.

25. Abbas M.N. Phosphorus removal from wastewater using rice husk and subsequent utilization of the waste residue // Desalination and Water Treatment. – 2014. – №55 (4). –P. 1-8.

26. Bashiri H., Nesari S., Sarabadan M. Microwave assistant production of a high performance adsorbent from rice husk // Korean Journal of Chemical Engineering. – 2020. – №37 (2). – P. 240-248.

27. Basu M., Guha A.K., Ray L. Biosorptive removal of lead by lentil husk // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2015. –№ 3(2). – P. 1088-1095.

28. Bazargan A., Tan J., Wai Hui C., McKay G. Utilization of rice husks for the production of oil sorbent materials //Cellulose. – 2014. – №21. – P. 1679-1688.

29. Józwiak T., Filipkowska U., Kowalkowska A., Struk-Sokołowska J., Werbowy D. The influence of amination of sorbent based on buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) husks on the sorption effectiveness of Reactive Black 5 dye //Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9 (2). – 105092.

30. Khan M.A., Rao R.A.K., Ajmal M. Heavy Metal Pollution and Its Control through Nonconventional Adsorbents (1998-2007): A Review // Journal of International Environmental Application and Science. – 2008. – №3. – P. 101-141.

31. Pat. CN106362712A. Rice husk base ion-exchange adsorption material, preparation method thereof and application. L. Chao, L. Wenjun, Z. Yuwei, C. Jindong. № CN201610935489A; Prior. 24.10.2016; Publ. 01.02.2017.

32. Pat. CN110170314A. Microwave-assisted preparation method of rice husk-based modified adsorbent applied to heavy metal wastewater treatment. Q. Jianhua, M. Xianlin, J. Xingying, A. Xiangyu. № CN201910492194A; Prior. 06.06.2019; Publ. 27.08.2019.

33. Sanka P.M., Rwiza M.J., Mtei K.M. Removal of Selected Heavy Metal Ions from Industrial Wastewater Using Rice and Corn Husk Biochar // Water Air Soil and Pollution. – 2020. – № 231. – 244.

34. Shrestha L.K., Thapa M., Shrestha R.G., Maji S., Pradhananga R.R., Ariga K. Rice Husk-Derived High Surface Area Nanoporous Carbon Materials with Excellent Iodine and Methylene Blue Adsorption Properties // Journal of Carbon Research. – 2019. – № 5 (1). – 10.

METHODS OF MODIFICATION OF GRAIN PROCESSING WASTE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF SORPTION TREATMENT OF SURFACE AND INDUSTRIAL WASTEWATER

Shelepina N.V.

One of the ways to reduce the impact of economic sectors on surface natural waters is to increase the efficiency of wastewater treatment from pollutants using sorption materials. In this regard, the actual direction of research is the search for raw materials for the production of highly effective sorbents. This article analyzes methods and technological techniques for modifying husks, husks, flour and grain bran, and also provides an overview of ways to combine them with highly sorption materials. The advantages and disadvantages of various methods of modifying grain processing waste have been studied. The effectiveness of using grain processing waste as sorbents for surface and industrial wastewater treatment has been confirmed in experimental studies conducted by both domestic and foreign scientists. However, the introduction into practice of wastewater treatment technologies using sorption materials based on grain processing waste requires certain costs and additional research.

Keywords: surface water, industrial wastewater, pollution, grain processing waste, modification, sorption properties.

Шелепина Наталья Владимировна

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», профессор Института инженерной и экологической безопасности, доктор с.-х. наук

E-mail: shel-nv@yandex.ru

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
"Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство серия серия ПИ № ФС 77 - 31640 10.04.2008, **Адрес:** 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48

Тел. +7 951 528 22 82 **E-mail:** VAK-info@yandex.ru

Отпечатано в типографии ООО «Издательство «Манускрипт»

Подписано в печать 04.05.2023. Выход в свет 09.05. 2023г.

Тираж 150 экз. Заказ № 08-23/ РС-16. Цена свободная

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статья, направляемая в журнал «ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ», предоставляется в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word по e-mail: YAK-info@yandex.ru

Файл с текстом статьи должен иметь расширение *.doc или *.docx. Разметка страницы: поля со всех сторон 2 см, ориентация книжная, формат А4. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер (кегель) 14, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал полуторный с использованием автоматической расстановки переносов. Аннотация (от 100 до 150 слов); ключевые слова на русском языке (5-8 слов). Название статьи, аннотация, ключевые слова, сведения об авторах должны быть переведены на английский язык.

Исключить громоздкие цифровые и формульные таблицы, а также рисунки, более, чем на 0,5 страницы. Все таблицы и рисунки должны быть в тексте, подписаны, ссылки на них по тексту обязательны.

Список использованной литературы составляется по алфавиту в конце статьи в соответствии с ГОСТ. Ссылки на литературу в тексте отмечаются арабскими цифрами в квадратных скобках.

В статье должны быть указаны следующие сведения о каждом авторе: фамилия, имя, отчество (полностью); место работы и должность; ученая степень; домашний адрес (если необходимо почтовый экземпляр); контактный телефон; адрес электронной почты. Название ВУЗов полностью, без сокращений.

Таким образом, файл должен содержать:

- ✓ индекс УДК
- ✓ аннотацию – 100-150 слов
- ✓ ключевые слова (не более 5-8 на русском и английском языках)
- ✓ название
- ✓ основной текст статьи
- ✓ список литературы

Основной текст рукописи экспериментальной статьи рекомендуется излагать в следующей последовательности:

- **введение** с четким и кратким изложением состояния рассматриваемого вопроса и анализом литературных данных, постановкой цели и задач данного исследования;
- **экспериментальная часть** (применяемые аппаратура, материалы, химические реактивы и методика проведения эксперимента в кратком изложении);
- **результаты** проведенных исследований и их обсуждение;

Все статьи проверяются на ПЛАГИАТ. Процент авторского текста должен составлять не менее 75%. Цитирования не более 25%.

Все поступающие в редакцию материалы должны быть проверены на наличие заимствований из открытых источников (попросту – плагиат), проверка выполняется с помощью системы AntiPlagiat.ru.

Контактные лица:

Ответственный редактор: Жанна Сергеевна, тел., +7951 528 22 82

E-mail: YAK-info@yandex.ru