

временном снижении экологической нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович О. К. Снижение эмиссии формальдегида водостойкой фанеры / О. К. Леонович, И. К. Божелко, О. В. Коняхина // Труды БГТУ. Сер. 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2023. – № 1 (264).

2. Глазунова М. Г. Влияние содержания щёлочи и продолжительности синтеза на свойства лигнофенолоформальдегидных смол, синтезированных с использованием технических лигносульфонатов / М. Г. Глазунова, Д. В. Иванов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2025. – № 253. – С. 341–359. – DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.341-359. – EDN: PCTZIM.

3. Иванов Д. В. Образование и свойства лигнофенолоформальдегидных смол, синтезированных с использованием окисленного гидролизного лигнина / Д. В. Иванов, М. Г. Глазунова, Э. И. Евстигнеев, А. С. Мазур // Химия растительного сырья. – 2025. – № 3. – С. 329–341. – DOI: 10.14258/jcprm.20250316542. – EDN: RZALMA.

4. Gaudenzi E. A. Systematic literature review on the use of lignin for sustainable road construction // International Journal of Pavement Engineering. – 2025. – DOI: 10.1080/14680629.2025.2595215.

УДК 54.06:504.3

Н. Ю. Санникова, канд. хим. наук, доц.,

П. Т. Суханов, д-р хим. наук, проф.,
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация);

Н. В. Маслова, канд. хим. наук, доц.,
(ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Российская Федерация)

ПРИМЕНЕНИЕ АКРИЛАТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НИТРИТ-ИОНОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

Нитриты выступают важными промежуточными соединениями процессов нитрификации и денитрификации, происходящих в природных водоемах. Концентрация нитритов свыше ПДК (предельно допустимая концентрация составляет 3 мг/л для питьевой воды согласно источнику [1]) представляет угрозу здоровью человека и постоянно водных экосистем.

Одним из наиболее распространённых методов определения нитритов является колориметрический анализ, включающий реакцию диазотирования сульфаниламида с последующим образованием азокрасителя с N-(1-нафтил)-этилен-диамином. Несмотря на свою популярность, традиционные методики имеют ограничения точности, обу-

словленные матричными эффектами, инструментальными ошибками и субъективностью визуального восприятия.

Целью работы является разработка метода определения нитритов в водных средах методами колориметрии на основе реакции Грисса с использованием акрилатного гидрогеля.

Акрилатные гидрогели представляют собой высокогидратированные сетчатые структуры, полученные из природных, синтетических или полусинтетических полимеров, которые физически или ковалентно сшиты. Обладают высокой способностью поглощать воду (без разрушения собственной структуры), механической прочностью и химической стабильностью. Полиакрилаты нашли применение в качестве систем локальной (адресной) доставки лекарств и сорбентов для удаления загрязнителей, при производстве контактных линз [2].

Гидрогель представляет собой полимерную сеть на основе полиакрилата ($-[CH_2-CH(COOH)]_n-$), сшитого этиленгликолем диметакрилатом. Гидрофильные группы ($-COOH$ и $-OH$) обеспечивают набухание, представляя 3D-решетку с мономерами, служат каркасом для сорбции реактива Грисса ($-N=N-$ связь) и нитрит ионов.

Исходные растворы нитрит ионов (0,1 мг/мл) и реактив Грисса (10 %) готовили растворением препаратов соответственно в воде и 12 % мас. растворе уксусной кислоты. Рабочие растворы с меньшей концентрацией получали разбавлением исходных растворов [5].

Определение концентрации нитрит-ионов в воде осуществляли с использованием системы, включающей акрилатный гидрогель и реагент Грисса. Для подготовки гелей их предварительно пропитывали рабочим раствором, излишнюю жидкость удаляли, а сами образцы сушили и хранили в условиях герметичности при температуре 4–6 °С в течение срока до двух недель.

При разработке гидрогелиевой цветной шкалы были приготовлены стандартные растворы нитрит-ионов с концентрациями, соответствующими регламентированной методике (0,02, 0,04, 0,08, 0,20, 0,30, 0,60 мг/л). Эти растворы обрабатывались путем помещения в них гидрогелевых гранул, заранее обработанных реагентом Грисса, которые оставлялись на 30 минут. После завершения реакции смесь фильтровали. Химическое взаимодействие нитритов с компонентом тестового набора вызывает электрофильную атаку диазониевой соли на молекулу нафтиламина, приводящую к изменению цвета гидрогелевого материала вследствие последующего процесса таутомеризации.

Разработана специальная гидрогелевая цветовая шкала, демонстрирующая изменение окраса гидрогеля в зависимости от содержания нитрит-ионов в образце воды (рис. 1). Эта шкала служит удобным

инструментом визуализации связи между интенсивностью окрашивания и уровнем концентрации нитритов.



Рисунок 1 – Фотографии полученных гидрогелевых тестов

Полученная гидрогелевая цветовая шкала представляет собой визуальный набор эталонных образцов, отражающих зависимость интенсивности окраски от концентрации нитрит-ионов.

Для количественной интерпретации цветовых изменений и автоматизации процесса определения концентрации реализован информационно-математический подход, позволяющий объективно анализировать цветовые характеристики изображений индикаторных систем. При этом включается несколько последовательных этапов: предварительная обработка сигналов, цветовое преобразование, кластерный анализ и статистическая обработка данных.

Современные искусственные нейронные сети показывают хорошие результаты в оценке концентрации нитритов прямо по изображению пробы, самостоятельно распознавая нужные особенности изображения [2,3]. Для повышения надежности результатов проводят расчёты неопределенности измерений по международным стандартам (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM). Таким образом, помимо самой оценки концентрации выдается также диапазон возможных значений, что важно при мониторинге окружающей среды и контроле качества воды.

Проведенные исследования показали, что присутствие посторонних ионов (например, Fe^{3+} , Cu^{2+} , NO_3^- до концентрации 5 мг/л) оказывает незначительное влияние на точность измерений, вызывая отклонения порядка 5–10%. По сравнению с традиционным стандартизированным методом измерения (ПНД Ф 14.1:2:4.3-95), разработанный способ демонстрирует высокую степень точности, обеспечивая расхождения в результатах не более 3% для подавляющего большинства (80%) проанализированных проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека фак-

торов среды обитания. – Введ. 01.03.2021. – 493 с.

2. Rice, E.W. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd Edition /E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton. - American Public Health Association, 2017. – 40 p.

<https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>

3. Liu, Y. et al. Deep learning-assisted colorimetric detection of nitrite in environmental water samples// Analytical Chemistry, 2022. – 94(15) – P.6142–6149

<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.2c00327>

4. Сатуров А.С. Квалиметрический подход и статистические методы в управлении качеством атмосферного воздуха /А.С. Сатуров, Н.В. Маслова, Н.Н. Попова // В сборнике: Актуальные проблемы менеджмента качества, стандартизации и метрологии. Сборник докладов X Всероссийской научно-практической Интернет-конференции. – Белгород, 2025. – С. 280–284.

УДК 664.123.6

М. В. Рымовская, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, Минск);

Е. А. Семёнова инж.-техн. (РУП «Белмедпрепараты», Минск);

И. А. Яковлев, студ., Д. С. Матусков, студ. (БГТУ, г. Минск)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМОГО ПЕКТИНАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Важную роль в организации сбалансированного питания имеют баланс макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот, витаминов, пищевых волокон (трудноперевариваемых полисахаридов растительного происхождения). Особый интерес вызывают растворимые в воде пищевые волокна (пектины, камеди, декстраны, слизи), поскольку они обладают большой влагоемкостью и образуют гели, работают более мягко. Для получения пектина используют отходы пищевых производств – яблочные выжимки, цитрусовую пульпу, свекловичный жом. Средняя молекулярная масса и степень этерификации (метилирования) свекловичного пектина меньше, чем у яблочного и цитрусового пектинов, что обуславливает связывание с его кислотными группами большего количества катионов, и потому – исключительные комплексообразующие свойства этого пектина. При потреблении пектинов может наблюдаться выведение как избытка тяжелых металлов, так и макроэлементов – магния, кальция, натрия, калия.

Для предупреждения этого явления более рациональна модификация свекловичного пектина с получением его катионных солей с макроэлементами [1], причем предпочтительна хорошая раствори-