

Министерство науки и высшего образования РФ
Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
Калужского государственного
университета имени К.Э. Циолковского

Серия
Естественные и технические науки

2025

Калуга – 2025

УДК 009

ББК 72

Н 34

Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
КГУ им. К.Э. Циолковского

Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Серия: Естественные и технические науки. 2025.
– Калуга: Издательство КГУ имени К.Э. Циолковского, 2025. – с. 237

ISBN 978-5-88725-809-6

В настоящее издание включены материалы докладов секций естественно-научной и технической направленности Седьмых Калужских университетских чтений.

Сборник предназначен для научных работников, специалистов, преподавателей и обучающихся, интересующихся актуальными вопросами естественных и технических наук.

Редакционная коллегия:

Исадченко С.О. (гл. редактор)

Голофтеева А.С.

Захарова М.В.

Ларионова В.М.

Коненкова Н.В.

Маркитанова Д.О.

Пустовит С.О.

Сережкин Л.Н.

ISBN 978-5-88725-809-6

© КГУ им. К.Э. Циолковского, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

Герасимова В.И.

Использование преобразования Гильберта в задачах анализа и классификации сигналов..... 7

В.В. Калманович, Е.В. Серегина, М.Н. Филиппов, М.А.Степович

О некоторых возможностях использования методов математического моделирования для описания воздействия электронных пучков на процессы тепломассопереноса в конденсированном веществе..... 12

Н.В. Кирюхина

Система кейс-заданий на анализ и интерпретацию графических данных по курсу «Медицинская физика» для студентов специальностей «Педиатрия» и «Лечебное дело»..... 20

А.И. Осипов, Л.Н. Сержкин

О проблеме изучения цифровых подстанций в ходе подготовки по направлению «Электроэнергетика и электротехника» 25

А.А.Петрушин

Исследование аэродинамических характеристик воздухозаборного тракта ГТУ..... 32

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Л.А. Астахова

Результаты морфометрического анализа городских популяций азиатского плоскохвостого геккона *Hemidactylus platyurus* (Gekkonidae: Sauria: Reptilia) на территории Индокитая..... 41

Н.В. Ергольская, Е.А. Гришаева

Исследование динамики развития утомления у студентов вуза..... 45

В.Е. Кузьмичев, С.А. Крымская, К.О. Петелина

Сравнение результатов использования митохондриальных ДНК-маркеров, микросателлитного анализа ядерной ДНК и данных геометрической морфометрии при исследовании породности *Apis mellifera* Калужской области..... 51

М.Н. Сионова

Прибрежно-водные растения Яченского водохранилища..... 60

А.Б. Стрельцов

Популяционно-фенетический анализ..... 71

О.П. Эндебера

..... 77

Стимуляция излучением мм диапазона метаморфоза галлицы
Aphidoletes aphidimyza и эпигенетическое наследование.....

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ

**Е.Р. Адамовская, Э.А. Анисков, В.А. Пименова, Н.В. Симонова,
А.Ю. Улитина, Е.А. Чернявская**

Анализ бактериальной резистентности к противомикробной терапии в
условиях Калужской области..... **81**

**Т.Е. Алешина, В.П. Алиева, Е.Е. Максименко, В. Миркамиров, Н.В.
Симонова**

Оценка когнитивного и нейрофизиологического статуса у курящих и
некурящих студентов медицинского института..... **86**

В.И. Майданская, Г.С. Муравьева, Н.В. Симонова

Проблема антибиотикорезистентности в условиях реальной
клинической практики..... **94**

ХИМИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

А.О. Бычкова, Р.А. Гаранин

Особенности сезонной динамики показателей качества воды Яченского
водохранилища на примере: растворенного кислорода, БПК₅, рН и
жёсткости..... **99**

А.И. Васина, А.В. Мешалкин

Определение механизма сорбции метиленового голубого сорбентами на
основе природных полимеров..... **108**

М.В. Высоцкая, А.К. Ахлебинин, К.В. Маерле

Влияние различных катализаторов на процесс разложения
концентрированного раствора пероксида водорода..... **114**

К.А. Гиашвили, С.Е. Сысоева, Р.А. Земляной

Исследование возможности оптимизации изготовления настоя плодов
боярышника в бытовых условиях..... **121**

А.С. Демидова, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова

Определение биологически активных веществ в какао **126**

Е.С. Заикина, Р.А. Гаранин

Влияние тяжелых металлов на ферментативную активность дрожжей на
различных субстратах..... **131**

Е.С. Захарова, А.Е. Васюков

Кинетика сорбции ионов меди из водных растворов нативной и
модифицированной соломой овсяной..... **137**

А.В. Мешалкин, А.И. Васина

Отходы молотого кофе как потенциальный энтеросорбент..... **143**

А.Р. Остренко, Л.В. Донцова, Р.А. Земляной	
Исследование возможности оптимизации изготовления отвара коры дуба в бытовых условиях.....	151
Ю.С. Никулина, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова	
Исследование экстрактов лишайника цетрария исландская (<i>Cetraria islandica</i>)	156
В.В. Парамонов, А.В. Ребрина	
Оценка качества линиментов на основе месульфамида.....	161
С.О. Пустовит, В.М. Ларионова	
Создание 3D-моделей молекул средствами голографического класса при освоении студентами химических дисциплин.....	167
А.В. Пяткина, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова	
Исследование экстрактов лишайника уснея бородатая (<i>Usnea barbata</i>).....	176
С.И. Рудь, В.М. Ларионова	
Удельная площадь поверхности палыгорскитовых глин Борщёвского месторождения.....	181
Е.А. Рябой, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова	
Исследование гриба <i>Cantharellus cibarius</i> и препаратов на его основе методами ТСХ, микроскопии, титриметрии, гравиметрии и УФ-спектроскопии.....	185
А.И. Филитов, А.Е. Васюков	
Воспроизводимость результатов потенциметрического определения хлоридов в родниковых водах.....	193
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
О.И. Алейников	200
Культурно-ландшафтный подход к изучению, сохранению и развитию дворянских усадеб.....	210
В.И. Ковба, Е.А. Чугунов	210
Техногенные аварии: прошлое, настоящее, будущее.....	216
В.И. Меленчук	216
Опасности, связанные с развитием оврагов на территории г. Калуги.....	222
Т.К. Петровская, М.В. Захарова, Н.А. Сафонова	222
Использование ГНСС-технологий для создания топографического плана участка местности «Лаврентьевский родник» средствами геоинформационной среды QGIS.....	227
Э.Ю. Суслова	227

Актуальность использование геологической информации при проведении оценочного зонирования (на примере г. Калуги)	232
В.В. Шуберт, Г.В. Лаврентьева	
Использование показателя стабильности развития при оценке состояния окружающей среды в г. Калуга.....	

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

УДК 004.942

Использование преобразования Гильберта в задачах анализа и классификации сигналов

В. И. Герасимова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье рассматривается применение преобразования для анализа и классификации сигналов в различных областях. Оно позволяет извлекать мгновенные характеристики сигналов, такие как амплитуда и фаза, что способствует более глубокому пониманию их структуры и поведения. В работе обсуждаются примеры применения преобразования Гильберта вместе со статистическими методами анализа сигналов.

Ключевые слова: преобразование Гильберта, цифровой фильтр Гильберта, хэш-образ.

Using the Hilbert transform in signal analysis and classification tasks

V. I. Gerasimova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article discusses the use of transformation for signal analysis and classification in various fields. It allows you to extract the instantaneous characteristics of signals, such as amplitude and phase, which contributes to a deeper understanding of their structure and behavior. The paper discusses examples of applying the Hilbert transform together with statistical methods of signal analysis.

Keywords: Hilbert transform, Hilbert digital filter, hash image.

Принципы преобразования Гильберта и его применение в анализе и классификации сигналов

Преобразование Гильберта (ПГ) — это важный инструмент в области обработки сигналов и анализа временных рядов. Оно позволяет получить аналитическое представление сигнала, что открывает новые возможности для его анализа и классификации. В данной работе мы рассмотрим основные принципы ПГ, его применение в задачах анализа и классификации сигналов, а также преимущества и ограничения этого метода.

ПГ представляет собой линейное операторное преобразование, которое преобразует действительный сигнал в комплексный. Ортогональным дополнением сигнала $s(t)$ называется сигнал $s_{\perp}(t)$, такой что $\int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cdot s_{\perp}(t) dt = 0$. При этом $s_{\perp}(t)$ тождественно не равен 0. ПГ позволяет рассчитать ортогональное дополнение сигнала $s(t)$ [1, 3]:

$$s_{\perp}(t) = P \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{s(\tau)}{\pi \cdot (t-\tau)} d\tau = \frac{1}{\pi} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{\varepsilon}^{\infty} \frac{s(t+\tau) - s(t-\tau)}{\tau} d\tau.$$

Таким образом, ПГ – это результат свертки сигнала $s(t)$ с функцией $h(t) = 1/(\pi \cdot t)$, т.е. $s_{\perp}(t) = s(t) * h(t)$. Функция $h(t)$ называется ядром ПГ, и по сути является импульсной характеристикой линейного фильтра. Фильтр с импульсной характеристикой $h(t) = 1/(\pi \cdot t)$ называется фильтром Гильберта (ФГ).

В цифровом представлении импульсная характеристика цифрового фильтра Гильберта равна нулю при четном k , а при нечетном $k = \pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$ $h(k) = \frac{2}{\pi \cdot k}$ [2, 3]. Импульсная характеристика фильтра 24 порядка представлена на рис. 1.

На практике использовать ФГ бесконечного порядка невозможно. С увеличением порядка увеличивается вычислительная нагрузка. Кроме того, использование длинных фильтров для коротких сигналов приводит к тому, что результат «размывается» в силу нелокального характера ядра $h(n)$ ПГ, которое выделяет прошлое и будущее (с «забыванием») для каждого отсчета дискретного сигнала.

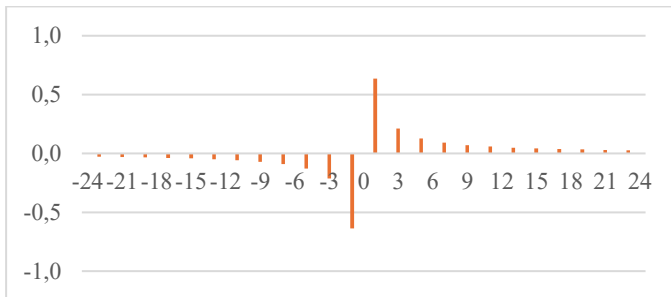


Рисунок 1 Фильтр Гильберта 24-го порядка

ПГ позволяет выделить огибающую сигнала, что полезно для анализа его амплитудно-частотных характеристик. Огибающая может быть использована для определения максимальных значений амплитуды, а также

для выявления изменений в характеристиках сигнала во времени. Используя ПГ, можно извлечь фазовую информацию из сигнала. Это особенно важно в таких областях, как радиосвязь и обработка изображений, где фазовые изменения могут указывать на присутствие определенных особенностей в сигнале. ПГ может быть использовано для выделения особенностей сигнала, таких как пики или резкие изменения. Это позволяет улучшить качество сигналов перед их дальнейшей обработкой и классификацией.

В задачах классификации сигналов, таких как распознавание речи или классификация биомедицинских сигналов, ПГ может быть использовано для предварительной обработки данных. Комплексные представления сигналов позволяют извлекать более информативные признаки, которые могут быть использованы в алгоритмах машинного обучения.

Использование ПГ в сочетании с другими методами обработки сигналов (например, с методом главных компонент или нейронными сетями) может значительно повысить точность классификации. Комплексные признаки, полученные из сигнала, позволяют моделям лучше различать классы на основе их характеристик.

ПГ можно применять в реальном времени для анализа потоковых данных. Это позволяет оперативно реагировать на изменения в сигналах и проводить их классификацию с минимальной задержкой.

Преимущества и ограничения

К главным преимуществам преобразования можно отнести:

1. Улучшенная информация о фазе и амплитуде: ПГ предоставляет комплексное представление сигнала, что позволяет более детально анализировать его характеристики.
2. Гибкость: метод может быть применен к различным типам сигналов, включая акустические, электрические и биомедицинские.
3. Совместимость с другими методами: преобразование может быть легко интегрировано с другими методами обработки сигналов и машинного обучения.

Ограничения:

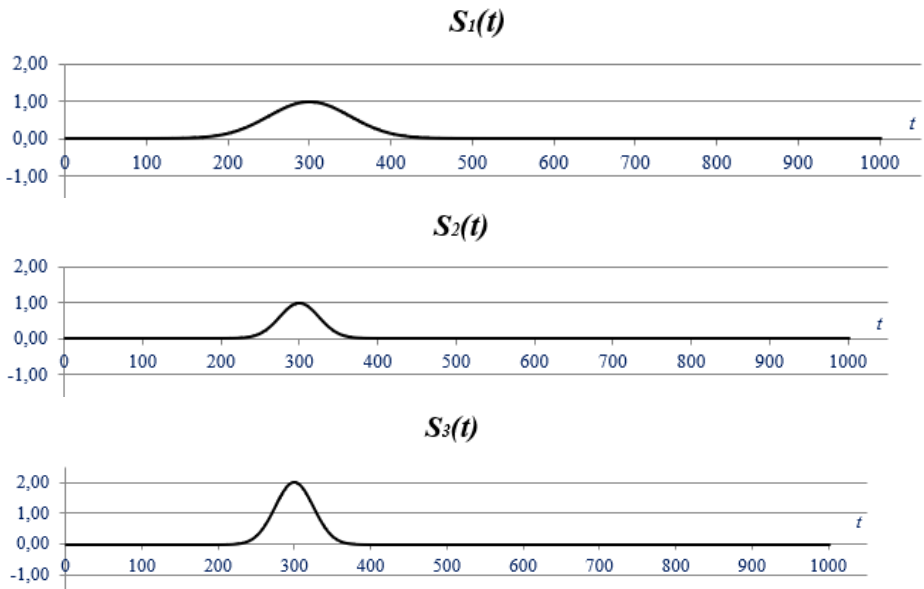
1. Чувствительность к шуму: может быть чувствительным к шумам, что требует дополнительных методов фильтрации.
2. Необходимость предварительной обработки: для достижения наилучших результатов часто требуется предварительная обработка сигналов, что увеличивает сложность системы.

Применение гистограмм для распознавания и классификации сигналов

Как было замечено выше, отсчеты в сигнале $s_{\perp}(n)$ оказываются причинно-связанными (в силу не локальности ядра ПГ). Поэтому целесообразно построить новый сигнал, своеобразный хэш-образ $H(n) = H[s(n), s_{\perp}(n)]$, гистограмма $hist(H)$ значений которого не будет вырождена по перетасовке отсчетов сигнала $s(n)$. Численный эксперимент подтвердил, что наиболее подходящим хэш-образом будет образ, определяющийся по формуле:

$$H(n) = \frac{s(n)s(n-1)}{\sqrt{s^2(n) + s_{\perp}^2(n)}\sqrt{s^2(n-1) + s_{\perp}^2(n-1)}} + \frac{s_{\perp}(n)s_{\perp}(n-1)}{\sqrt{s^2(n) + s_{\perp}^2(n)}\sqrt{s^2(n-1) + s_{\perp}^2(n-1)}}$$

Покажем инвариантность представленного подхода с помощью гистограммного анализа гладких сигналов (рис. 2).



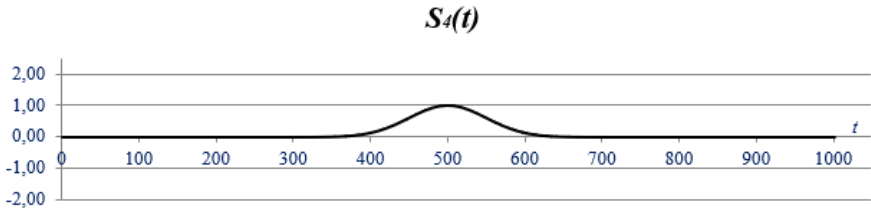


Рисунок 2 Сигналы гауссовой формы

Гистограммы хэш-образов сигналов $S_1(t)$ - $S_4(t)$ статистических различий не имеют (рис. 3).

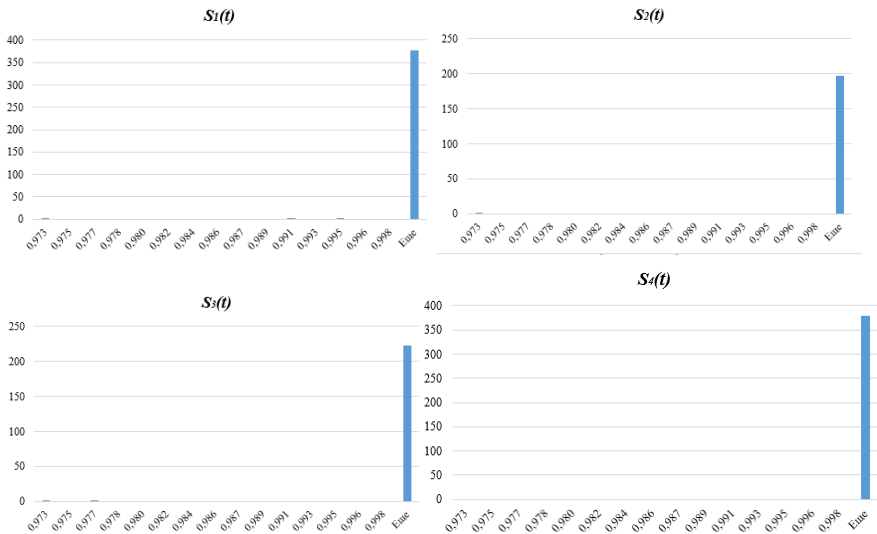


Рисунок 3 Гистограммы хэш-образов сигналов

Список литературы:

1. Титчмарш, Э.Ч. Введение в теорию интегралов Фурье / Э.Ч. Титчмарш. – М.: Л.: Гос. изд-во техн. -теорет. лит., 1948. – 418 с.
2. Koskivaara Olli. The Hilbert Transform / Mathematics course on Fourier analysis lectured in the winter of 2015 at the University of Jyväskylä by Esa Vesalainen. 2015. - 15 p.
3. Как S. Hilbert transformation for discrete data // International Journal of Electron-ics. 1973. Vol. 34. P. 177-183.

4. Koskivaara Olli. The Hilbert Transform / Mathematics course on Fourier analysis lectured in the winter of 2015 at the University of Jyväskylä by Esa Vesalainen. 2015. - 15 p.
5. Краснов А.Е. Использование Гильберт-фильтрации электромагнитного сигнала для выделения инвариантных признаков его пространственной структуры. Автометрия, №5, 1987. С. 102-103.
6. Huang N. E. Shen Z., Long S. R., Wu M. C., Shih H. H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C. C., and Liu H. H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. Proceedings of R. Soc. London, Ser. A, 454, pp. 903-995, 1998.
7. Nikol'skii D.N., Krasnov A.E. Preparing Traffic to Analyze the Dynamics of Its States by Method of Partial Correlations. In: Vishnevskiy, V.M., Samouylov, K.E., Kozyrev, D.V. (eds) Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1748, pp. 269-281. Springer, Cham (2023).
8. Котов В.В. Использование гистограммных оценок в задачах распознавания. Успехи современного естествознания. – 2004. – № 4. – С. 40-42.

УДК 517.95;53.043

О некоторых возможностях использования методов математического моделирования для описания воздействия электронных пучков на процессы тепломассопереноса в конденсированном веществе

Калманович В.В.¹, Серегина Е.В.², Филиппов М.Н.³, Степович М.А.^{1,4}

¹ *Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

² *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Россия, Москва*

³ *Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Россия, Москва*

⁴ *Ивановский государственный университет, Россия, Иваново*

Изложены результаты некоторых возможностей использования методов математического моделирования для описания воздействия электронных пучков средних энергий на процессы тепломассопереноса в конденсированном веществе. Проведены исследования решения задачи

теплопроводности в планарной, осесимметричной и центральносимметричной среде с идеальным и неидеальным тепловым контактом с использованием сочетания методов Фурье и матричного метода, анализ процессов нестационарной диффузии неравновесных неосновных носителей заряда, реализующихся после прекращения воздействия электронного зонда на полупроводниковую мишень, влияние нагрева мишени на процессы теплопереноса.

Ключевые слова: математическое моделирование, электронный зонд, теплоперенос.

On Some Possibilities of Using Mathematical Modeling Methods to Describe the Effect of Electron Beams on Heat and Mass Transfer Processes in Condensed Matter

Kalmanovich V.V.¹, Seregina E.V.², Filippov M.N.³, Stepovich M.A.^{1,4}

¹ *Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga*

² *Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Russia, Moscow*

³ *Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry RAS, Russia, Moscow*

⁴ *Ivanovo State University, Russia, Ivanovo*

The article presents the results of some possibilities of using mathematical modeling methods to describe the effect of medium-energy electron beams on heat and mass transfer processes in condensed matter. The article presents the results of solving the heat conductivity problem in a planar, axisymmetric and centrally symmetric medium with ideal and non-ideal thermal contact using a combination of Fourier and matrix methods, an analysis of non-stationary diffusion processes of nonequilibrium minority charge carriers that occur after the electron probe has ceased to act on a semiconductor target, and the effect of target heating on heat and mass transfer processes.

Keywords: mathematical modeling, electron probe, heat and mass transfer.

Задачи теплопереноса являются одними из наиболее важных классов задач, имеющих весьма широкие практические приложения в различных отраслях науки и практики и потому широко изучаемые теоретическими и экспериментальными методами [1, 2]. Ранее [3] нами было проведено рассмотрение некоторых возможностей использования

математического моделирования в задачах тепломассопереноса. Эти исследования продолжены – в настоящей работе рассмотрены некоторые результаты работы по изучению воздействия электронных пучков [4] на процессы тепломассопереноса в конденсированном веществе. В течение последнего времени продолжались работы по изучению возможностей использования методов математического моделирования для описания воздействия электронных пучков низких (до 10 кэВ) и средних (10-50 кэВ) энергий на физические процессы в материалах различной природы. Изучались процессы тепломассопереноса, обусловленного взаимодействием электронов с твёрдым телом. В последние годы получены следующие новые результаты:

1) получена оценка нагрева однородных твердотельных мишеней, облучаемых киловольтным электронным зондом. При проведении расчетов использована математическая модель, учитывающая отдельный вклад в потери энергии поглощенных в мишени и обратно рассеянных электронов. Результаты расчетов показали, что для тяжёлых мишеней зависимость перегрева мишени от энергии электронов пучка имеет немонотонный характер: в районе около 3-4 кэВ появлялся локальный минимум, обусловленный существенным вкладом в потери энергии обратно рассеянных электронов. Качественная оценка переноса тепла излучением показала, что для низкоэнергетического электронного зонда при постановке краевых задач оправдано считать поток тела через внешнюю поверхность мишени нулевым [5];

2) рассмотрен процесс нестационарной диффузии неравновесных неосновных носителей заряда после прекращения воздействия низкоэнергетического электронного зонда на однородную полупроводниковую мишень. Предложена математическая модель двумерной диффузии носителей заряда с учетом их переменного эффективного времени жизни. Практические расчеты проведены для диффузии экситонов в однородном монокристаллическом нитриде галлия для параметров, характерных для этого полупроводника [6];

3) изучены возможности приложения качественной теории дифференциальных уравнений к одной задаче тепломассопереноса в многослойных планарных полупроводниковых структурах. Рассмотрение проведено на примере математической модели стационарного процесса диффузии неравновесных неосновных носителей заряда, генерированных

широким источником возбуждения. Использование широкого источника внешнего воздействия позволяет свести задачи моделирования к одномерным и описать эти математические модели обыкновенными дифференциальными уравнениями. Таковыми являются процессы в различных наносистемах при воздействии на них широких пучков заряженных частиц или электромагнитного излучения. Основным объектом изучения явились вопросы корректности рассматриваемых математических моделей, особое внимание уделено математической оценке влияния внешних факторов на состояние изучаемого объекта. Ранее методы качественной теории дифференциальных уравнений, в нашем случае, оценка влияния внешнего воздействия на распределение неравновесных неосновных носителей заряда в результате их диффузии в полупроводнике, в сочетании с рассмотрением единственности решения дифференциальных уравнений тепломассопереноса и корректности используемых математических моделей рассматривались весьма редко, а для широких электронных пучков количественный анализ подобных задач ранее не проводился вовсе. Основное внимание нами уделялось влиянию правой части дифференциального уравнения, функции возбуждения неравновесных неосновных носителей заряда, на решение дифференциального уравнения диффузии, описывающего распределение продиффундировавших неравновесных носителей заряда в каждом слое такой структуры. Доказаны единственность решения рассматриваемой задачи и непрерывная зависимость решения от правой части дифференциального уравнения. Получены некоторые оценки влияния внешних факторов на диффузию генерированных носителей в каждом слое многослойной планарной полупроводниковой структуры [7-11];

4) изучены некоторые возможности численного решения рассматриваемых дифференциальных уравнений тепломассопереноса [12, 13].

Новые результаты кратко указаны ниже и приведены ссылки на опубликованные работы, позволяющие познакомиться с этими результатами:

1) проведены исследования решения задачи теплопроводности в планарной, осесимметричной и центральносимметричной среде с идеальным и неидеальным тепловым контактом с использованием сочетания методов Фурье и матричного метода, решение получено в виде бесконечного ряда. Получена оценка погрешностей решений по норме пространства L_2 в зависимости от числа взятых в решении членов ряда. Рассмотрены

возможности использования проекционного метода наименьших квадратов для решения уравнений теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью на полупрямой. Дана порядковая оценка погрешности и получено условие вычислительной устойчивости рассматриваемой проекционной схемы, соответствующей приближённому решению уравнения теплопроводности с использованием базиса из многочленов Лагерра–Якоби. Получены результаты расчётов для двумерной модельной задачи. Получена оценка погрешности и получено условие вычислительной устойчивости предложенной проекционной схемы метода наименьших квадратов, соответствующей приближённому решению нестационарного уравнения теплопроводности с сосредоточенной теплоёмкостью для расчёта температурного поля в мишени. Модельные расчёты проведены для параметров, характерных для многослойной планарной светоизлучающей структуры типа «люминофор-кристалл GaN-керамическая подложка-радиатор». Цель этих исследований – оптимизация параметров люминофора в условиях протекания электрического тока и нагрева прибора в процессе его эксплуатации. Полученные результаты частично отражены в публикации [14].

2) проведён анализ процессов нестационарной диффузии неравновесных неосновных носителей заряда, реализующейся после прекращения воздействия электронного зонда на полупроводниковую мишень. Моделирование проведено на основе математической модели, учитывающей наличие нескольких каналов рекомбинации в этих мишенях для двумерной и трёхмерной диффузии носителей заряда и пучка электронов средних энергий (10-50 кэВ). Проведено рассмотрение математической модели нестационарной диффузии для двухслойной мишени и для различных условий возбуждения диффузионного процесса. С использованием имеющихся в литературе экспериментальных данных получена оценка нагрева полупроводника при его облучении сфокусированным пучком киловольтных электронов и построена математическая модель, в которой учтено влияние температуры мишени на параметры полупроводника: время жизни неравновесных неосновных носителей заряда и их диффузионную длину. С учётом этого построена модель нестационарной диффузии неосновных носителей заряда с переменными коэффициентами. Модельные расчёты проведены для параметров, характерных для одного из перспективных материалов микро-, наноэлектроники, СВЧ-техники и

оптоэлектроники – монокристаллического нитрида галлия. Полученные результаты отражены в публикациях [15, 16].

3) проведено изучение информативных возможностей математической модели, учитывающей потери энергии на излучение мишени, которое идёт из образца в вакуум (в вакуумную камеру электронно-зондового устройства). Проведена оценка необходимости учёта влияния потерь на излучение при математическом моделировании процессов теплопереноса. Показано, что для киловольтных пучков электронов (до 50 кэВ) и условий проведения экспериментов, характерных для электронно-зондовых устройств, во многих случаях этим эффектом можно пренебречь. Полученные результаты отражены в публикациях [17, 18].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Правительства Калужской области № 23-21-10069, выполнявшегося в КГУ им. К.Э. Циолковского в 2023 г. и 2024 г., <https://rscf.ru/project/23-21-10069/>, <https://rscf.ru/en/project/23-21-10069/>.

Список литературы:

1. Карслоу, Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер. – М.: Наука, 1964. – 488 с. – Текст: непосредственный.
2. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
3. Степович, М.А. О возможностях использования математического моделирования в некоторых задачах тепломассопереноса. Обзор современного состояния / М.А. Степович, В.В. Калманович, Е.В. Серегина // Математика в современном мире: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения советского математика, доктора физико-математических наук, профессора П.П. Коровкина, Калуга, 12 апреля 2024 года. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2024. – С. 175-184.
4. Llovet, X. Electron probe microanalysis: A review of recent developments and applications in materials science and engineering / X. Llovet, A. Moy, P. T. Pinard, J. H. Fournelleb // Progress in Materials Science. – 2021. – Vol. 116. – Art. No. 100673.
5. Stepovich, Mikhail A. On modeling of target heating by a kilovolt electron beam / Mikhail A. Stepovich, Anar N. Amrastanov, Mikhail N. Filippov, Veronika V. Kalmanovich // Proceedings of the 2024 6th International Youth Conference on

Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE-2024). – 2024. – Art. No. 269No306.

6. Филиппов, М.Н. Об оценке нагрева мишени электронным зондом. Результаты математического моделирования / М.Н. Филиппов, А.Н. Амрастанов, М.А. Степович, А.А. Карганов // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2024. – № 1. – 2410603.

7. Степович, М.А. Моделирование и качественная оценка процессов тепломассопереноса, обусловленных взаимодействием широких пучков заряженных частиц или электромагнитного излучения с многослойными планарными структурами / М.А. Степович, Д.В. Туртин, В.В. Калманович // Известия РАН. Серия физическая. – 2022. – Т. 86, № 11. – С. 1560–1564.

8. Stepovich, M.A. Model and Qualitative Assessment of the Transfer of Heat and Mass Caused by the Interaction of Wide Beams of Charged Particles or Electromagnetic Radiation with Multilayer Planar Structures / M.A. Stepovich, D.V. Turtin, V.V. Kalmanovich // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2022. – Vol. 86, No. 11. – P. 1292-1296.

9. Калманович, В.В. О совместном применении аппарата обобщенных степеней Берса, матричного метода и метода Фурье для решения нестационарного уравнения теплопроводности в многослойной среде / В.В. Калманович, М.А. Степович // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. – 2021. – Т. 199. – С. 50-59.

10. Туртин, Д.В. О корректности математических моделей диффузии и катодolumинесценции / Д.В. Туртин, М.А. Степович, В.В. Калманович, А.А. Карганов // Таврический вестник информатики и математики. – 2021. – № 1 (50). – С. 81-100.

11. Туртин, Д.В. О приложении качественной теории дифференциальных уравнений к одной задаче тепломассопереноса / Д.В. Туртин, М.А. Степович, В.В. Калманович // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2023. – Т. 23, вып. 1. – С. 48-57.

12. Серегина, Е.В. О возможности использования проекционного метода Галёркина для решения нестационарного уравнения диффузии с переменным коэффициентом / Е.В. Серегина, М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Материалы Воронежской международной весенней математической школы «Современные методы краевых задач. Понтрягинские чтения – XXXIV», Воронеж, 3-9 мая 2023 года. – Часть 4. / Итоги науки и техники. Сер.

Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. – Т. 233. – М.: ВИНТИ РАН, 2024. – С. 89-98.

13. Seregina, E.V. Comparative analysis of the matrix method and the finite-difference method for modeling the distribution of minority charge carriers in a multilayer planar semiconductor structure / E.V. Seregina, V.V. Kalmanovich, M.A. Stepovich // Journal of Mathematical Sciences (United States). – November 2022. – Vol. 267, No. 6. – С. 773-780.

14. Калманович, В.В. О некоторых оценках решений задачи теплопроводности в многослойной среде матричным методом / В.В. Калманович, Е.В. Серегина // Таврический вестник информатики и математики. – 2023. – № 2 (59). – С. 60-71.

15. Серегина, Е.В. О возможности использования проекционного метода Галёркина для решения нестационарного уравнения диффузии с переменным коэффициентом / Е.В. Серегина., М.А. Степович, М.Н. Филиппов // Итоги науки и техники. Сер. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. – Т. 233. – М.: ВИНТИ РАН, 2024. – С. 89-98.

16. Степович, М.А. О нестационарных задачах тепломассопереноса при импульсном облучении мишени электронным зондом / М.А. Степович, Д.В. Тургин, Е.В. Серегина, М.Н. Филиппов, В.В. Калманович // Интеллектуальные информационные технологии и математическое моделирование: Труды Международной научно-практической конференции (ИИТ&ММ-2024), пос. Дивноморское, г. Геленджик, 25-30 августа 2024 года / Под ред. В.В. Сидорякиной. – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2024. – С. 90-98.

17. Филиппов, М.Н. О нагреве мишени электронным пучком и потерях энергии на излучение, которое идёт из мишени в вакуумную камеру электронно-зондового устройства / М.Н. Филиппов, М.А. Степович // Материалы IV Всероссийской конференции по аналитической спектроскопии с международным участием, пос. Ольгинка, 24-30 сентября 2023 года. – Краснодар: КубГУ, 2023. – С. 170.

18. Филиппов, М.Н. Об оценке нагрева мишени электронным зондом. Результаты математического моделирования / М.Н. Филиппов, А.Н. Амрастанов, М.А. Степович, А.А. Картанов // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2024. – № 1. – 2410603.

УДК 378.147.88

**Система кейс-заданий на анализ и интерпретацию графических данных
по курсу «Медицинская физика» для студентов специальностей
«Педиатрия» и «Лечебное дело»**

Кирюхина Н. В.

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье представлена система кейс-заданий на основе анализа и интерпретации графических данных (аудиограмм, электрокардиограмм, электроэнцефалограмм), разработанная для повышения эффективности обучения студентов специальностей «Педиатрия» и «Лечебное дело» по курсу «Медицинская физика». Предложенный подход основан на принципе бинарности, обеспечивающем единство фундаментальной общенаучной и профессиональной подготовки специалиста. Разработанная система заданий позволяет интегрировать теоретические знания по медицинской физике с практическими навыками анализа и интерпретации графических, что способствует целостному восприятию физики, развитию клинического мышления и формированию профессиональных компетенций.

Ключевые слова: кейс-метод, медицинское образование, медицинская физика, анализ графических данных

**A system of case studies for the analysis and interpretation of graphical data
in the course "Medical Physics" for students of the specialties "Pediatrics"
and "Medicine"**

Kiryukhina N. V.

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article presents a system of case studies based on the analysis and interpretation of graphical data (audiograms, electrocardiograms, electroencephalograms), designed to improve the effectiveness of teaching students of the specialties "Pediatrics" and "Medical science" in the course "Medical Physics". The proposed approach is based on the principle of binarity, which ensures the unity of fundamental general scientific and professional training of a specialist. The developed assignment system makes it possible to integrate theoretical knowledge of medical physics with practical skills in analyzing and interpreting graphics, which contributes to a holistic perception of physics, the development of clinical thinking and the formation of professional competencies.

Keywords: case method, medical education, medical physics, graphical data analysis

Кейс-метод, как системный подход в образовании, стал использоваться в Гарвардской школе права с конца XIX века. В медицинском образовании официальное внедрение кейс-метода как самостоятельной образовательной технологии началось только в середине XX века [1], но предыстория насчитывает более столетия и восходит к практике клинических конференций с разбором конкретных случаев из историй болезни [2]. Анализ медицинских кейсов помогает студентам развить навыки клинического мышления, позволяет интегрировать знания из различных дисциплин и применить их для решения конкретной клинической задачи.

Глубокое понимание основных физических законов и явлений является необходимым фундаментом для освоения современных медицинских технологий, методов диагностики и лечения. Единство фундаментальной предметно-физической и профессионально ориентированной компонент отражает принцип бинарности [3,4], который обеспечивает целостное восприятие физики, способствует развитию клинического мышления и формированию профессиональных компетенций. Исходя из него можно сформулировать цель работы, представленной в статье: представить систему кейс-заданий для студентов медицинских специальностей «Педиатрия» и «Лечебное дело», интегрирующих теоретические знания по медицинской физике с практическими навыками анализа и интерпретации графических данных на примере аудиограмм (АГ), электрокардиограмм (ЭКГ) и электроэнцефалограмм (ЭЭГ).

Для каждого тематического блока содержания дисциплины разработан структурированный учебный кейс, состоящий из трех компонентов – ситуационного, информационно-методического и проблемно-методического. Ситуационный компонент представляет собой набор графических данных, полученных при исследовании пациентов (с соблюдением анонимности), включающий как нормативные так и отражающие различные патологические состояния. Информационно-методическая часть содержит справочные материалы, необходимые для анализа графических данных, а также вопросы для самоконтроля, направленные на закрепление теоретических знаний и формирование понимания основных принципов работы используемого оборудования и методов исследования. Проблемно-методическая часть в

соответствии с принципом бинарности включает в себя задания двух типов, ориентированных на развитие навыков анализа и интерпретации графических данных с точки зрения физики:

- задания на определение количественных физических параметров по представленным графикам;
- задания на выявление отклонений от нормы функционирования органа или системы и объяснение их с точки зрения физики.

Важно подчеркнуть, что данный подход не предполагает постановку клинического диагноза, поскольку это выходит за рамки компетенций, формируемых дисциплиной «Медицинская физика». Акцент делается на формировании у студентов прочной физической базы для дальнейшего освоения клинических дисциплин.

Пример 1. «Кейс: анализ аудиограмм» Ситуационная часть: комплект аудиограмм, отражающих реальные истории болезней [5]. Подбираются так, чтобы отличались характер, топика, степень поражения. Информационно-методическая часть: справочные материалы с вопросами для самоконтроля (основные понятия аудиометрии, построение аудиограммы, символы и обозначения в бланке, методика расчёта степени тугоухости по международной классификации на четырех частотах, методика определения типа тугоухости). Проблемно-методическая часть - задания для работы с кейсом и задачи двух типов. Пример обобщённой формулировки задач первого типа: «Указать величину порога восприятия у пациента по воздушной проводимости на заданной частоте и рассчитать интенсивность звуковой волны, воздействовавшей на пациента во время данного измерения». Пример второго типа задач: «Найдите аудиограмму с признаками односторонней кондуктивной тугоухости. В каких отделах органа слуха наиболее вероятно поражение? Какие физические процессы могут объяснять его механизм? Рассчитайте степень тугоухости на поражённом ухе пациента».

Пример 2. «Кейс: анализ электрокардиограмм». Ситуационная часть представляет собой комплект электрокардиограмм (ЭКГ): нормальная ЭКГ для сравнения и эталона; ЭКГ с признаками тахикардии, брадикардии и/или с нарушением сердечного ритма; ЭКГ с признаками нарушения проводимости; ЭКГ с признаками острой ишемии (инфаркта миокарда). ЭКГ берутся из атласа [6]. Информационно-методическая часть включает основные понятия электрокардиографии: основы электрофизиологии сердца, основные

элементы ЭКГ (зубцы P, Q, R, S, T, интервалы P-Q, Q-T, сегмент S-T), нормальные значения параметров элементов ЭКГ в стандартных отведениях. Приводятся также описания элементов методики анализа ЭКГ: определение сердечного ритма и частоты сердечных сокращений; оценка формы и продолжительности зубцов и интервалов, амплитуды зубцов, выявление признаков нарушения проводимости и инфаркта миокарда. Примеры заданий первого типа из проблемно-методической части: определить длительность интервала P-Q и рассчитать время проведения импульса от синоартериального узла до желудочков; оценить регулярность ритма и определить частоту сердечных сокращений. Примеры заданий второго типа: «Найдите среди представленных ЭКГ с признаками признаки блокады ножки пучка Гиса. В каких отделах проводящей системы сердца наиболее вероятно нарушение проводимости? Какие физические процессы могут объяснить механизм этого нарушения? Объясните, почему при блокаде ножки пучка Гиса изменяется форма комплекса QRS». «Признаком острой ишемии является элевация сегмента ST. На профессиональном жаргоне такой признак на ЭКГ иногда называют «кошачья спинка». Объясните, почему сегмент ST смещается вверх при инфаркте с точки зрения изменения электрического потенциала в поврежденной области миокарда».

Пример 3. «Кейс: ритмы и артефакты на электроэнцефалограмме». Электроэнцефалограммы (ЭЭГ) намного сложнее, чем ЭКГ, поэтому в кейсе сделан акцент только на распознавании основных ритмов и их изменений, что является важным шагом к пониманию более сложных нейрофизиологических процессов. Ситуационная часть представлена комплектом из четырех электроэнцефалограмм: ЭЭГ здорового взрослого человека в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами (выраженный альфа-ритм); ЭЭГ здорового взрослого человека в состоянии активного бодрствования с открытыми глазами (преобладание бета-ритма, угнетение альфа-ритма); ЭЭГ ребенка в состоянии сна (преобладание тета- и дельта-ритмов); ЭЭГ взрослого человека с признаками эпилептической активности (наличие спайков и острых волн) [7]. В информационно-методической части приведены основные понятия электроэнцефалографии, перечень основных ритмов и их характерных частот и амплитуд, топография ритмов ЭЭГ (распределение по поверхности головы), понятие и виды артефакты на ЭЭГ. Задания первого типа в проблемно-методической предполагают определение частоты и амплитуды преобладающего ритма на

ЭЭГ, сравнение их для различных отведений. Примеры заданий второго типа: «Найдите среди представленных ЭЭГ признаки эпилептической активности. Какие элементы на ЭЭГ указывают на наличие эпилепсии? Объясните, с какими процессами в нейронах связаны спайки и острые волны с точки зрения изменения электрических потенциалов». «Сравните ЭЭГ №1 (спокойное бодрствование) и ЭЭГ №2 (активное бодрствование). Какие изменения наблюдаются на ЭЭГ при переходе от спокойного бодрствования к активному? Объясните, с чем связаны эти изменения с точки зрения активации различных отделов мозга и изменения синхронизации нейронной активности».

С целью оценки эффективности разработанной системы кейсов была проведена их апробация в учебных группах студентов специальностей «Педиатрия» и «Лечебное дело». Апробация проводилась в течение первого семестра 2024/25 учебного года на базе Медицинского института КГУ им. К. Э. Циолковского в рамках плановых учебных занятий. Было задействовано семь академических групп, общей численностью 160 человек, включая иностранных студентов. Группы различались по составу и исходному уровню подготовки, определяемому предшествующим образованием и опытом работы. С заданиями первого типа справлялось самостоятельно в среднем 40–50 % студентов из каждой группы. Некоторое преимущество наблюдалось у обучающихся, имеющих практический опыт работы в медицинских учреждениях или среднее медицинское образование. Задания, требующие анализа и объяснения патологических изменений с точки зрения физики, оказались значительно более сложными для всех категорий. Средний процент студентов, выполнивших задания данного типа, варьировался по группам от 6 до 12 %. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости усилить акцент на формировании прочной физической базы у студентов и адаптировать сложность кейс-заданий к разному уровню подготовки студентов, разработав варианты заданий различной степени сложности. В перспективе планируется расширить спектр графических данных, используемых в кейсах, включив примеры из различных областей медицины.

Список литературы

1. Пинчук, Т. В. Интерактивные методы обучения в высшем медицинском образовании (аналитический обзор) / Т. В. Пинчук, Н. В. Орлова // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 102–116.

2. Дворецкий, Л. И. Клинический разбор во врачебной практике и медицинском образовании: истоки и современное состояние / Л.И. Дворецкий // Терапевтический архив. – 2022. – №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskiy-razbor-vo-vrachebnoy-praktike-i-meditsinskom-obrazovanii-istoki-i-sovremennoe-sostoyanie> (дата обращения: 06.04.2025).
3. Бирюкова, А. Н. Подготовка к решению профессиональных задач студентов медицинских вузов при обучении физике с учетом междисциплинарной интеграции : автореферат дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Бирюкова Антонина Николаевна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т]. - Москва, 2013. - 26 с.
4. Шмонова М. А. Формирование профессиональной компетентности студентов медицинских вузов в процессе обучения математике / М.А. Шмонова // Ярославский педагогический вестник. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-professionalnoi-kompetentnosti-studentov-meditsinskih-vuzov-v-protseesse-obucheniya-matematike> (дата обращения: 08.04.2025).
5. Атлас аудиограмм: учебно-метод. пособие для студентов / Шахова Е. Г., Козловская С. Е., Пелих Е. В., Зайцев В. А. – Волгоград: Издательство ВолгГМУ, 2016. – 31 с.
6. Атлас электрокардиографии. Интерпретация результатов: от простого к сложному / Н. А. Новикова, П. Ш. Чомахидзе, Д. А. Андреев, А. Л. Сыркин. – Москва : Эксмо, 2022. – 128 с.
7. Ритмы ЭЭГ / Центр Медицинской Информации Научная библиотека лаборатории электрофизиологии НЦИЛС: сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://cmi.to/ритмы-ээг> (дата обращения: 06.04.2025).

УДК: 378.147.88

О проблеме изучения цифровых подстанций в ходе подготовки по направлению «Электроэнергетика и электротехника»

Осипов А.И., Сережкин Л.Н.

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В данной статье обсуждаются возможности изучения элементов цифровых подстанций при обучении по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» в высшей школе. Приводятся

примеры комплектов учебного оборудования для моделирования работы цифровой подстанции.

Ключевые слова: цифровая подстанция, учебное оборудование.

On the problem of studying digital substations during training in the direction of "Electric Power Engineering and Electrical Engineering"

Osipov A.I., Serezhkin L.N.

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

This article discusses the possibilities of studying digital substation elements when studying the 13.03.02 "Electric Power Engineering and Electrical Engineering" course in higher education. Examples of sets of educational equipment for simulating the operation of a digital substation.

Keywords: digital substation, educational equipment.

Масштабные изменения, которые происходят сейчас в электроэнергетике, связанные прежде всего с цифровизацией, затрагивают все уровни генерации электроэнергии и электроснабжения потребителей. Тематика цифровизации оформлена законодательно в виде «Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017 - 2030 годы» [1], где в частности, идет речь о объектах критической информационной инфраструктуры в сфере энергетики. Другим документом, затрагивающим развитие энергетической инфраструктуры в рамках национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" является указ Президента РФ "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" [2]. Ясно что на этой основе появились и отраслевые стратегии развития, в частности в электроэнергетике. Так ПАО «Россети», являясь одним из крупнейших в мире электросетевых холдингов, обеспечивающий электроснабжение потребителей в 82 регионах России (распределение более 80% всей вырабатываемой в стране электроэнергии) [3], разработала свою концепцию «Цифровая трансформация 2030» [4]. В которой указывается об эволюционном пути перехода к цифровым сетям, цифровым подстанциям. В части цифровых подстанций предполагается проведение НИОКР и разработка нормативно-технической документации для формирования требований к цифровым подстанциям [5].

Рассмотрение цифровых подстанций интересует нас в рамках подготовки по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение»), реализуемом в КГУ им. К.Э. Циолковского при изучении таких дисциплин учебного плана как: «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Проектирование систем электроснабжения», «Автоматизированные системы управления в электроэнергетике» и «Управление режимами электроэнергетических систем». Эти дисциплины предполагают знакомство с электроподстанциями в том числе на лабораторном практикуме. Вопросу формированию у обучающихся наглядного представления о функционировании цифровой подстанции посвящена эта работа.

Так что же такое «цифровая подстанция» и чем она отличается от традиционной. Понятию цифровая подстанция (ЦПС) посвящена статья [6], где даются следующие пояснения « ЦПС — это термин, применяемый к подстанциям, управляемым с помощью интеллектуальных электронных устройств (IED), связанных между собой сетью коммуникаций. Согласно данному определению ЦПС в ее структуре должны функционировать, помимо самих интеллектуальных электронных устройств, еще и специальные коммуникационные сети». Т.е. принципиальное отличие ЦПС от традиционной подстанции в переводе в цифровую плоскость процессов сбора и обмена информацией между отдельными элементами и оптимального управления на основе анализа этих данных. На обычной (традиционной) подстанции данные для работы различных систем релейной защиты и учёта получают от трансформаторов тока или напряжения.

Практическая реализация предполагает внедрение современного протокола МЭК 61850 который позволяет объединить в одну систему технические решения разных производителей устройств релейной защиты и систем передачи данных, применяемых на подстанциях. Опыт внедрения ЦПС рассмотрен в [7], где в частности приводится пример отечественного внедрения (ООО НПП «ЭКРА», ООО «ЭнергопромАвтоматизация», ЗАО «Профотек» и ОАО «НИИПТ»)

В рамках совместного проекта этих компаний была разработана трехуровневая система:

- полевой уровень, включающий шину процесса с оптическими трансформаторами и выносным устройством связи с объектом (УСО) см. рис.1;

- уровень присоединения, представленный микропроцессорной защитой и контроллером присоединения, принимающие аналоговую информацию и дискретную информацию по МЭК 61850 см. рис.2;
- подстанционный уровень, реализованный на базе SCADA NPT Expert с поддержкой МЭК 61850.



Рис. 1. УСО включают преобразователи аналоговых сигналов и преобразователи дискретных сигналов. Информация передаётся от основного оборудования к УСО по контрольному кабелю.



Рис. 2. Контроллер присоединения для цифровых подстанций NPT ВАУ

Реализация каждого из этих уровней требует как дорогостоящего оборудования, так и специализированного программного обеспечения способного с ним работать. Поэтому в рамках учебного процесса мы должны сосредоточиться на оборудовании способном моделировать процессы, реализуемые в ЦПС.

Нами проанализировано оборудование нескольких отечественных производителей, которые предлагают лабораторные стенды, связанные с электрическими подстанциями. Так производитель ООО «ИПЦ «Учебная техника» выпускает несколько комплектов оборудования, моделирующих процессы на традиционных подстанциях ЭЭ1М-ЭСП-С-К, ЭЭ1-ЭСП-С-Р,

ЭЭ2-ЭСП-С-Р [8] отличающихся набором экспериментов и наличием компьютера для фиксации и анализа электрических сигналов см. рис.3.



Рис. 3. Комплект лабораторного оборудования «Электрические станции и подстанции, электроэнергетические системы и сети, релейная защита, автоматизация электроэнергетических систем, электроснабжение, переходные процессы в электроэнергетических системах, дальние электропередачи сверхвысокого напряжения». Производитель ООО «ИПЦ «Учебная техника»

ООО НТП «ЭнергияЛаб» [9] также предлагает лабораторный комплекс «Электрическая подстанция» ЭЛБ-241.123.01 (традиционная) см рис. 4.

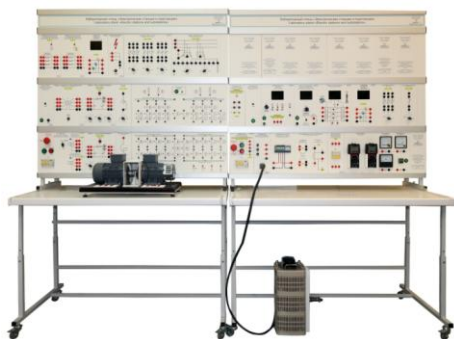


Рис. 4. Модель электрической подстанции. Производитель ООО НТП «ЭнергияЛаб».

ООО «ЛАБСИС» [10] предлагает модель цифровой подстанции см рис. 4.



Рис. 4. Модель цифровой подстанции. МЦП1-СК. Производитель ООО «ЛАБСИС»

Лабораторный стенд представляет собой физическую трехфазную модель двухтрансформаторной подстанции, снабженную цифровыми средствами релейной защиты и автоматики, учета электрической энергии, цифровыми датчиками тока и напряжения, исполнительными элементами в виде моделей трехфазных выключателей с цифровым управлением и обеспечивающую моделирование нормальных и аварийных режимов работы.

ООО НПП «ЭКРА» [11] так же предлагает учебный комплект «Цифровая подстанция» см. рис. 5. Оборудование учебных комплектов размещается в мобильных панелях в части принципиальных схем повторяющих исполнение блока релейной защиты и автоматизированного управления ЦПС.

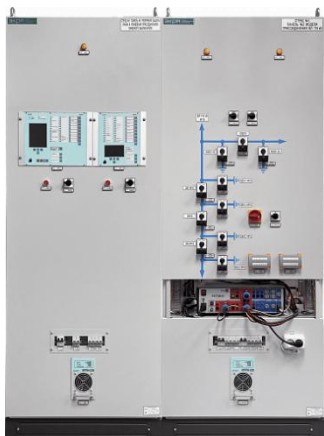


Рис. 5. Модель блока релейной защиты и управления ЦПС. Производитель ООО НПП «ЭКРА»

Заключение

Процесс цифровизации инфраструктуры электроснабжения широко внедряется в практику, в частности замена или модернизация традиционных подстанций цифровыми. В связи с этим процесс преподавания многих традиционных дисциплин по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» тоже требует корректировки особенно в плане лабораторного практикума. В работе приведены предложения лабораторного оборудования по моделированию процессов на электрических подстанциях фирм: ООО «ИПЦ «Учебная техника», ООО НТП «ЭнергияЛаб», ООО «ЛАБСИС» и ООО НПП «ЭКРА». Указанные выше комплекты учебного оборудования имеют различную комплектацию и функциональные возможности. Многие стенды оснащены компьютерными симуляторами, позволяющими моделировать различные режимы работы трансформаторных подстанций. Производители ООО «ЛАБСИС» и ООО НПП «ЭКРА» предлагают оборудование, моделирующее работу именно ЦПС.

Список литературы:

1. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы"
2. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" (с изменениями и дополнениями)
3. <https://www.rosseti.ru/>

4. www.rossetivolga.ru/i/files/2019/2/7/kontseptsiya_tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf
5. распоряжение ПАО «Россети» от 28.03.2018 № 141р
6. Лобов Б. Н., Лызарь И. О., Левчук В. Э. Понятие "цифровая подстанция" // Молодой исследователь Дона. 2020. №3 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-tsifrovaya-podstantsiya>
7. Курьянов Василий Николаевич, Куш Людмила Романовна, Горбунова Надежда Романовна, Игорь Васильевич, Цыпик Василий Владимирович Цифровые подстанции. Опыт реализации // Наука, образование и культура. 2018. №3 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-podstantsii-opyt-realizatsii>
8. <https://galsen.ru/catalog/elektroenergetika/elektricheskie-stancii-i-podstantsii>
9. https://vrnlab.ru/catalog_item/241-123-01/
10. <https://labsys.ru/company/index.php>
11. <https://ekra.ru/>

УДК 621.1

Исследование аэродинамических характеристик воздухозаборного тракта ГТУ

А.А.Петрушин^{1,2}

¹ЗАО «НПВП «Турбокон», Калуга

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований на макете воздухозаборного тракта комплексного воздухоочистительного устройства. Проведено построение 3D-модели воздухозаборного тракта и выполнено численное моделирование с целью получения распределения давлений по воздухозаборному тракту. Проведены анализ и сравнение полученных данных.

Ключевые слова: КВОУ, ВЗТ, ГВТ, эксперимент, исследование, макет, ПГУ, модель.

Investigation of the aerodynamic characteristics of the GTU air intake tract

A.A. Petrushin ^{1,2}

¹*Turbocon Scientific and Production Innovation Enterprise, Kaluga*

²*Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga*

This article presents the results of experimental studies on the model of the air intake tract of an integrated air purifier. A 3D model of the air intake tract was constructed and numerical modeling was performed in order to obtain a pressure distribution along the air intake tract. The data obtained were analyzed and compared.

Keywords: KVOU, With, GW, experiment, research, layout, CCGT, model.

Современные парогазовые установки ПГУ, работающие по комбинированному термодинамическому циклу, более эффективны по сравнению с обычными паротурбинными и газотурбинными циклами. ПГУ представляют интерес для исследований, направленных на повышение эффективности их циклов.

Для обеспечения работы ПГУ используются комплексные воздухоочистительные устройства (КВОУ), предназначенные для очистки воздуха, поступающего в воздухозаборный тракт газотурбинной установки.

При эксплуатации КВОУ возникают различные проблемы, влияющие на эффективность работы КВОУ, такие как: неравномерность потока воздуха; рост перепада давления на фильтрующих элементах.

В ЗАО НПВП «Турбокон» спроектирован и изготовлен стенд для исследований аэродинамических характеристик воздухозаборный тракт (ВЗТ) КВОУ.

Описание стенда

Исходный макет существующего ВЗТ по геометрии обводов проточной части выполнен максимально подобным натурному ВЗТ, но уменьшенным согласно масштабу. Необходимый масштаб линейных размеров макета по отношению к натурному принят равным $M 1:20$.

В состав стенда для аэродинамических испытаний макета ВЗТ входят:

- макет воздухозаборного устройства (ВЗУ), включающий имитатор фильтров тонкой очистки (ФТО) и имитатор экранов шумоглушения;
- конфузор с центральным телом;
- расходомерная диафрагма;
- шибер круглого сечения для ручного регулирования расхода воздуха;
- центробежный вентилятор с электроприводом и шумоглушителем.

В макете диффузора турбины на пяти стойках установлено цилиндрическое центральное тело, диаметр которого 120 мм.

В местах расположения защитных сеток от насекомых и птиц, фильтра грубой очистки, коагулятора и фильтра тонкой очистки установлены Перфорированные диафрагмы/сетки с характеристиками, имитирующими гидравлическое сопротивление этих элементов, определёнными по имеющимся данным результатов измерений на станции.

На выходе из макета устанавливается кольцевой конический диффузор, являющийся принадлежностью стенда (а не макета) и обеспечивающий плавное торможение потока перед мерным участком. На входе в этот диффузор устанавливаются 4 гребенки полного давления: две горизонтально и две вертикально, каждая гребенка имеет 3 датчика, ориентированных навстречу потоку параллельно оси диффузора. Гребенки устанавливаются один раз, их положение в течение всех испытаний не изменяется.

Целью работы является:

- определение аэродинамических характеристик ВЗТ КБОУ при помощи экспериментальных исследований;
- проведение численного моделирования ВЗТ;
- анализ и сравнение исследований выполненных численными и экспериментальными методами.

Схема стенда для аэродинамических испытаний макета ВЗТ представлена на рисунке 1.

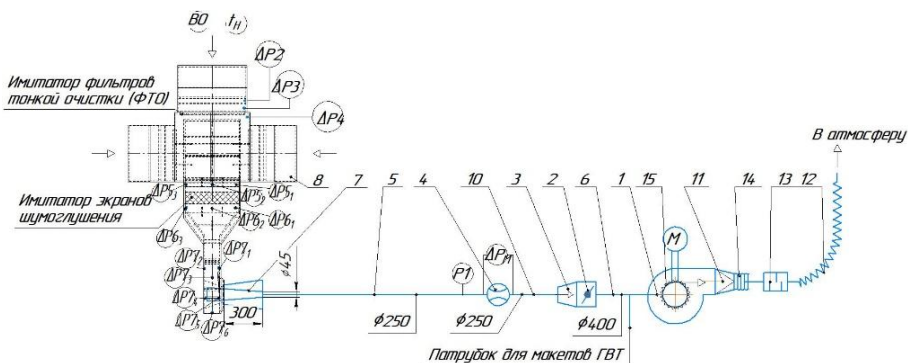


Рисунок 1 - Схема стенда для аэродинамических испытаний макета ВЗТ:

1 – Вентилятор; 2 – шибер; 3 – переход; 4 – расходомерная диафрагма; 5 – воздуховод; 6 – тройник; 7 – центральное тело; 8 – макет ВЗУ; 10 – воздуховод; 11 – переход; 12 – воздуховод гибкий; 13 – шумоглушитель; 14,15 – гибкая вставка

Экспериментальные исследования

На стенде для аэродинамических исследований проведены испытания на различных режимах при переменном расходе воздуха, подаваемого на ВЗТ.

В процессе отладочных испытаний на стенде были зафиксированы повышенные колебания давлений воздушного потока, затрудняющие измерения, причиной которых предположительно были вибрации шибера. По этой причине шибер из конструкции стенда был заменен на диафрагму, а изменение режима достигалось за счет регулировки частоты вращения вентилятора с использованием частотного преобразователя привода электродвигателя вентилятора. Испытания выполнены не на двух режимах по расходу воздуха, как это было предусмотрено программой, а на трех, что повышает информативность и достоверность результатов. В процессе обработки их результатов было обнаружено, что аэродинамическое сопротивление перфорированных решеток, имитирующих устройства, установленные на входе в ВЗТ (противомоскитные сетки, теплообменники, коагуляторы, фильтры грубой и тонкой очистки), существенно меньше реального, зафиксированного на станции. Это может в принципе привести к перераспределению расходов по «этажам» заборного устройства и как-то отразиться на структуре потока, выходящего из камеры чистого воздуха на вход в шумоглушитель.

На рисунке 2 представлена схема расположения точек отбора полного давления в сечении на выходе из ВЗТ.

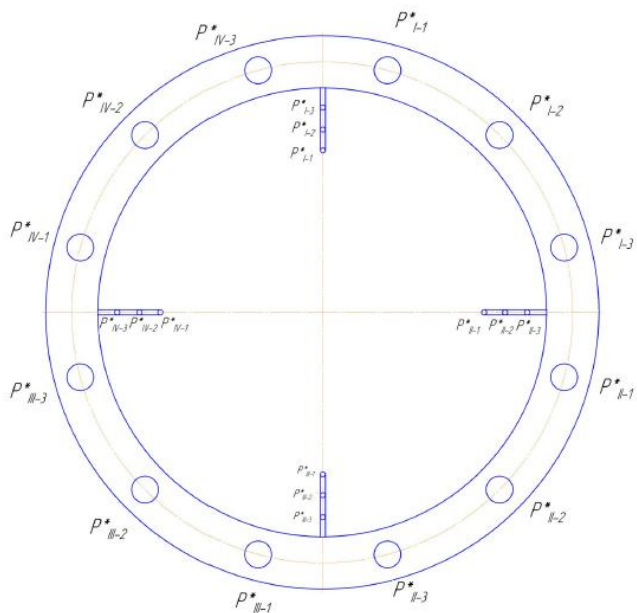


Рисунок 2 – Расположение точек отбора полного давления в сечении
 Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Входная часть ВЗТ	№ режима		
	1	2	3
Частота вращения вентилятора, %	100	90	83
$G_{\text{эксп}}$, кг/с	1,38	1,24	1,13
К-коэффициент приведения расчетному режиму	1,70	2,10	2,51
Δp_2 , Па	119	121	120
Δp_3 , Па	161	163	167
Δp_4 , Па	210	210	215

Входная часть ВЗТ	№ режима		
	1	2	3
Δp_5 , Па	373	372	375
Δp_6 , Па	655	656	667
Δp_{7_1} , Па	1158	1160	1175
Δp_{7_2} , Па	1387	1387	1408
Δp_{7_3} , Па	1391	1399	1415
Δp_{7_4} , Па	1418	1406	1424
Δp_{7_5} , Па	1034	1035	1055
Δp_{7_6} , Па	820	800	836
$\Delta p_{8_1_1^*}$, Па	773	768	770
$\Delta p_{8_1_2}$, Па	539	540	537
$\Delta p_{8_1_3}$, Па	6966	8433	8407
$\Delta p_{8_2_1}$, Па	510	506	505
$\Delta p_{8_2_2}$, Па	567	558	549
$\Delta p_{8_2_3}$, Па	5106	4998	5264
$\Delta p_{8_3_1}$, Па	1703	1802	1849
$\Delta p_{8_3_2}$, Па	1352	1432	1437
$\Delta p_{8_3_3}$, Па	1811	1894	1992
$\Delta p_{8_4_1}$, Па	799	812	811
$\Delta p_{8_4_2}$, Па	599	607	605
$\Delta p_{8_4_3}$, Па	5452	5680	5706

Численная 3D-модели ВЗТ и результаты расчета

Расчет течения в модели макета ВЗТ необходим для его сравнения с данными физических измерений. Кроме того, он позволяет убедиться в корректности моделирования путем сравнения с данными 3D-расчета течения модели натурного (полноразмерного) ВЗТ.

На рисунках 3 – 6 представлены результаты расчетов в виде распределения скоростей и линий тока для натурной модели и макета.

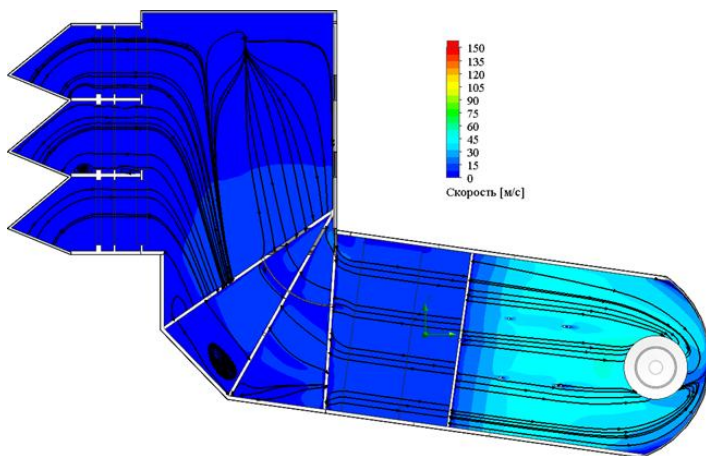


Рисунок 3 - Значения скорости потока и линии тока в сечении А-А (модель натурального ВЗТ, масштаб 1:1)

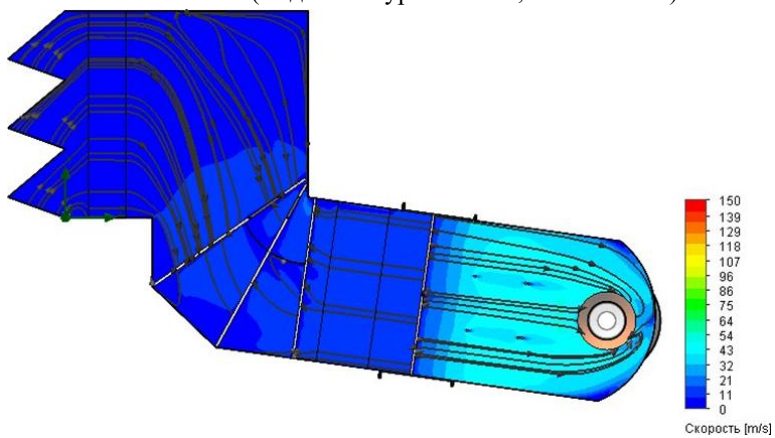


Рисунок 4 - Значения скорости потока и линии тока в сечении А-А (модель макета ВЗТ, масштаб 1:20)

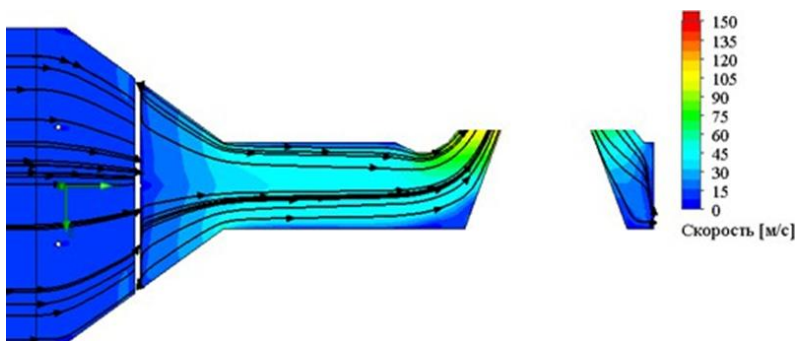


Рисунок 5 - Значения скорости потока и линии тока в сечении Б-Б (модель натурального ВЗТ, масштаб 1:1)

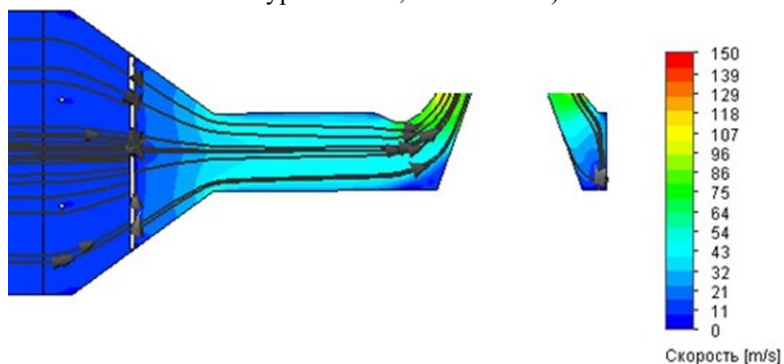


Рисунок 6 - Значения скорости потока и линии тока в сечении Б-Б (модель макета ВЗТ, масштаб 1:20)

На рисунках 7 – 8 представлены поля давлений в модели ВЗТ.

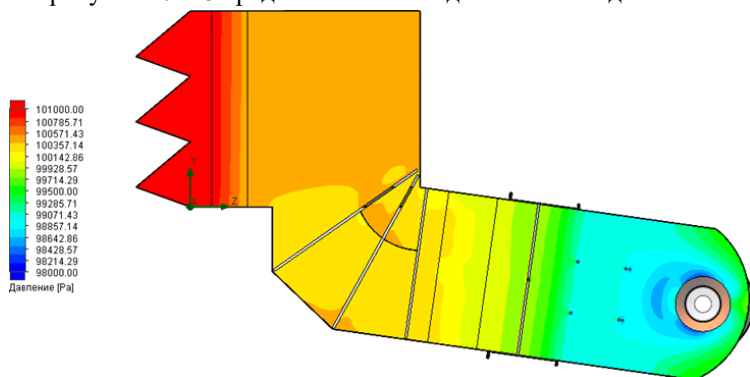


Рисунок 7 - Поле давлений в сечении А-А

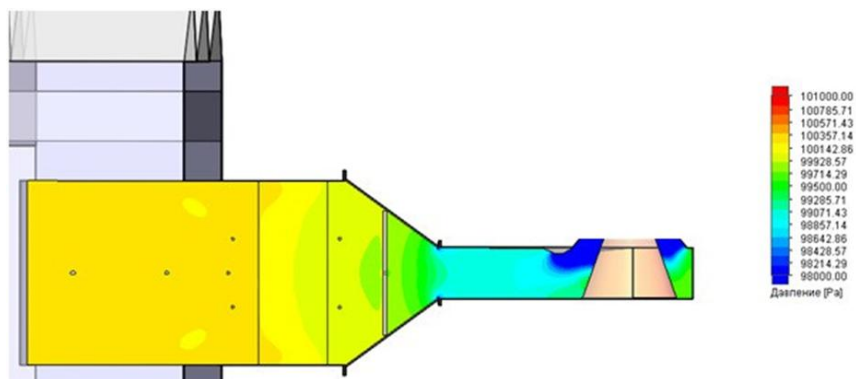


Рисунок 8 - Поле давлений в сечении Б-Б

В таблице 2 представлены для сравнения результаты экспериментальных и расчетных данных.

Таблица 2 – Сравнение расчетных и экспериментальных данных по разрежениям в контрольных точках для макета ВЗТ исходной конструкции

№ режима	Δp_4- Δp_5 ,Па	Δp_5- Δp_6 ,Па	Δp^*8- Δp_6 ,Па
1	164	282	1526
2	162	285	1679
3	161	292	1702
4	158	287	1593
Расчет	188	278	1501

Результаты исследований

Отличия результатов расчета и эксперимента на режиме 4 по потерям давления на данном участке составляют 5 %, что, учитывая высокую неравномерность параметров в выходном сечении ВЗТ, можно считать приемлемым.

Из представленных данных на рисунках 3-6 следует, что расчетное распределение скоростей и протекание линий тока макета и натурной модели идентичны, что свидетельствует о корректности расчетных моделей макета и натурального объекта.

Список литературы:

1 Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.; Машиностроение, 1992.— 672 с.

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 598.112.11

Результаты морфометрического анализа городских популяций азиатского плоскохвостого геккона *Hemidactylus platyurus* (Gekkonidae: Sauria: Reptilia) на территории Индокитая

Л.А. Астахова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Исследование морфологических признаков этих рептилий показало высокую вариабельность, что может свидетельствовать о наличии различных адаптивных стратегий и влиянии стрессоров на популяции. В частности, различия в морфометрических признаках между особями, обитающими в центре города и на его окраинах, указывают на динамичность изменений среды. Половой диморфизм выражен слабо, но наблюдаются статистически значимые различия в размерах головы и количестве щитков между самцами и самками.

Ключевые слова: синантропизация, экология городских популяций, синантропные гекконы, морфологические признаки, вариабельность, половой диморфизм.

Results of morphometric analysis of urban populations of the Asian flat-tailed gecko *Hemidactylus platyurus* (Gekkonidae: Sauria: Reptilia) in Indochina

L.A. Astakhova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The study of morphological features of these reptiles showed high variability, which may indicate the presence of different adaptive strategies and the impact of stressors on populations. In particular, differences in morphometric features between individuals living in the city center and on its outskirts indicate the dynamics of environmental changes. Sexual dimorphism is weakly expressed, but statistically significant differences in head size and the number of scutes between males and females are observed.

Keywords: synanthropization, ecology of urban populations, geckos, morphological traits, variability, sexual dimorphism.

Процесс синантропизации стал особенно актуален в последние десятилетия с ростом урбанизации и изменением природных экосистем. Города представляют собой уникальные экосистемы, где взаимодействуют различные факторы: особенности микроклимата, антропогенное изменение ландшафта, загрязнения, доступность воды и пищи, ограниченный набор видов и т.д. Синантропные виды являются важным компонентом городских экосистем, способствуя их функциональности и устойчивости [4].

В Юго-Восточной Азии, особенно на полуострове Индокитай, гекконы стали неотъемлемой частью городской фауны. Эти рептилии не только обитают в домах и на территориях, прилегающих к ним, но и активно взаимодействуют с окружающей средой, влияя на экосистемные процессы.

Гекконы известны своей способностью адаптироваться к различным условиям обитания. Они могут использовать искусственные укрытия, такие как стены зданий и крыши, а также находить пищу в виде насекомых, которые привлекаются к свету. Эти особенности делают их успешными синантропными видами, способными выживать и размножаться в условиях городской среды.

На территории городов Юго-Восточной Азии широко распространены представители группы так называемых домовых гекконов. Преимущественно это виды рода *Hemidactylus*, доминирующим из которых является *H. platyurus* – широко распространенный синантропный вид, который успешно осваивает антропогенно трансформированные ландшафты. Несмотря на повсеместное распространение, в литературных источниках очень мало данных по экологии вида в городских условиях [1].

В силу таких характеристик, как широкое распространение и большая численность в городах, маленький размер, быстрый цикл воспроизводства, комплекс четких морфологических признаков, *H. platyurus* может рассматриваться в качестве модельного вида для фаунистических, биоиндикационных исследований, изучения микроэволюционных, адаптационных процессов в урбанизированной среде [1, 5].

География исследований. Выборки произведены на территории 15 городов 4 стран (Таиланд, Лаос, Камбоджа, Вьетнам).

В процессе работы с материалом был отобран комплекс морфологических признаков, используемых для анализа внутрипопуляционной изменчивости и межпопуляционных сравнений. Этот комплекс включает в себя признаки фолидозиса, классически используемые при изучении герпетофауны, а также метрические признаки: длины

туловища, хвоста, размеры головы. Эволюционно значимыми являются число подпальцевых ламелей, т.к. это связано с особенностями передвижения, а значит и охоты, спасения от врагов, успешного размножения.

Изучение количественных признаков важно по нескольким причинам. Во-первых, многие ключевые характеристики морфологии живых организмов имеют количественный характер. Во-вторых, эти признаки служат биологическими «индикаторами» окружающей среды. В-третьих, за количественными признаками может скрываться множество генов, которые относятся к другой части генома по сравнению с локусами, выявленными с помощью биохимических и молекулярно-генетических методов. В-четвертых, количественные признаки непосредственно связаны с адаптивными свойствами организма [3].

В рамках нашего исследования была изучена вариабельность каждого признака в отдельности, определены наиболее вариабельные признаки. Анализ коэффициента вариации признаков фолидоза в изучаемых выборках показал, что наиболее вариабельны следующие признаки фолидоза: число непарных подпальцевых ламелей, число нижнечелюстных щитков, количество чешуек за нижнечелюстными. Метрические признаки в провинциальных городах также показывают высокий процент вариабельности. Также были определены выборки с наибольшим числом вариабельных признаков. Это оказались все столичные города, а также Дананг, Кхонкен и Сиенреап.

Высокий коэффициент вариабельности морфологических признаков может свидетельствовать:

- о наличии различных адаптивных стратегий внутри популяции. Это может означать, что некоторые особи лучше приспособлены к определённым условиям среды, в то время как другие могут быть более уязвимыми. Это разнообразие может быть важным для выживания вида в условиях изменения окружающей среды;
- о гетерогенности среды обитания. Если условия среды (например, доступность ресурсов, климатические условия, уровень загрязнения) сильно различаются в разных местах, это может приводить к значительным различиям в численности и здоровье популяций;
- о влиянии различных стрессоров (например, загрязнение, изменение климата или разрушение местообитаний) на популяции. Разные особи могут

по-разному реагировать на эти стрессоры, что приводит к изменчивости в численности и структуре популяции;

— это может быть признаком активных эволюционных процессов внутри популяции. Это может указывать на то, что виды находятся под давлением естественного отбора и адаптируются к меняющимся условиям окружающей среды.

Изучение внутривидовой структуры на примере столичных городов говорит о значимых отличиях морфометрических признаков между особями, обитающими в центре города и на его окраинах. Это объясняется более динамичными изменениями среды на окраинах, связанных с застройкой, что связано с влиянием на популяцию множества стрессовых факторов. Центральные части города не претерпевают обычно таких радикальных изменений, а потому являются для синантропных видов более стабильными. Кроме того, были изучены и другие аспекты морфооблика городских популяций *H. platyurus*. Половой диморфизм выражен слабо и носит статистический характер. Признаки, по которым проявляются половые различия, подчеркнуты на схеме цветом. У самок линейные размеры головы в среднем меньше, чем у самцов, но статистически значимо больше среднее количество нижнечелюстных щитков (II) и количество щитков следующего ряда соприкасающихся с верхнегубными (PSI). Более крупная голова у самцов напрямую связана с усилением челюстной мускулатуры, а отбору по этому признаку способствовала прямая конкуренция между самцами: необходимость удерживать самку челюстями при спаривании, оборонительное поведение и т.п.

У самцов статистически значимо больше среднее количество подпальцевых пластинок. Предполагается, что большее число подпальцевых пластинок у самцов связано с большей длиной конечностей, что имеет адаптивный эффект, т.к. самцы в целом несколько более подвижны.

Выводы:

Среди метрических признаков наибольшую изменчивость показали: длина хвоста, длина тела, ширина между ноздрями, расстояние от заднего края глаза до ушного отверстия.

Больше всего переменных метрических признаков встречается в столицах (Bangkok, Phnom Penh, Vientiane), а также в Da Nang, Khon Kaen, Siem Reap. Популяции городов Songkhla и Chiang Mai оказались более однородными по метрическим и меристическим признакам.

Половой диморфизм носит статистический характер и выражен в более крупных размерах головы у самцов, а также большем количестве нижнечелюстных щитков у самок.

Список литературы:

1. Астахова Л. А., Константинов Е. Л. Актуальные направления изучения синантропных гекконов на территории Индокитая // Проблемы региональной экологии. 2021. №5.
2. Булдова О. Ю., Астахова Л. А. Эволюционное значение щиткования (фолидоза) // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития: сборник статей XXXIV Международной научно-практической конференции (23 октября 2023 г.). – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2023. – 97 с. : ил.
3. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991.
4. Клауснитцер Б. Экология городской фауны / Б. Калуснитцер. М.: Мир, 1990. 249 с.
4. Симонов Е.П. Анализ полового диморфизма в популяциях прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) из разных природных зон юга Западной Сибири / Современная герпетология – 2008. Том 8, вып. 1. С. 39 – 49
5. Чулисов, А. С. Распределение синантропных гекконов в городской среде крупных городов на территории Лаоса и Камбоджи / А. С. Чулисов, Е. Л. Константинов // Современная герпетология: проблемы и пути их решения. Статьи по материалам докладов Первой международной молодежной конференции герпетологов России и сопредельных стран (Санкт–Петербург, Россия, 25 – 27 ноября 2013 г.). – Зоологический институт РАН. СПб, 2013. – С. 159 – 162.

УДК 57.024

Исследование динамики развития утомления у студентов вуза

Н.В. Ергольская, Е.А. Гришаева

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

У студентов 5 групп разных направлений подготовки в течение семестра производилась оценка уровней острого, хронического утомления, субъективного комфорта и личностной тревожности в связи с особенностями

образа жизни. У студентов выпускного курса направления подготовки «Биология» отмечался наиболее низкий уровень субъективного комфорта и наиболее высокий уровень острого и хронического утомления. Во всех исследуемых группах у значительного числа студентов наблюдался высокий уровень личностной тревожности. Хроническое утомление более выражено у девушек, чем у юношей. На развитие острого и хронического утомления оказывает влияние комплекс негативных факторов образа жизни студентов.

Ключевые слова: субъективный комфорт, острое и хроническое умственное утомление, личностная тревожность, факторы образа жизни.

Study of the dynamics of fatigue development in university students

N.V. Ergolskaya, E.A. Grishaeva

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

During the course of the semester, students from 5 groups of different fields of study were assessed for levels of acute and chronic fatigue, subjective comfort, and personal anxiety due to the peculiarities of their lifestyle. The lowest level of subjective comfort and the highest level of acute and chronic fatigue were observed in the students of the final year of Biology training. In all studied groups, a significant number of students had a high level of personal anxiety. Chronic fatigue is more pronounced in girls than in boys. The development of acute and chronic fatigue is influenced by a complex of negative factors of students' lifestyle.

Keywords: subjective comfort, acute and chronic mental fatigue, personal anxiety, lifestyle factors.

Необходимость получения и обработки большого объема информации в процессе овладения профессиональными компетенциями во время обучения в вузе требует достаточно напряженной работы, при которой может наступить умственное утомление. Длительная умственная нагрузка при недостаточном для восстановления отдыхе вызывает когнитивное истощение и хронический стресс, снижая работоспособность и отрицательно сказываясь на здоровье человека [1]. Отсюда очевидна важность оценки уровня утомления студентов и его причин для разработки физиологически обоснованных средств и методов оптимизации учебной деятельности. Целью настоящей работы было исследование динамики умственного утомления студентов разных направлений подготовки в течение учебного семестра в зависимости от факторов их образа жизни.

В исследовании принимали участие 5 студенческих групп – Б-Б-41, Б-Б-31 (бакалавриат, направление подготовки «Биология», профиль «Биомедицина и генетика»), С-Ф-21 (специалитет, специальность «Фармация»), Мв-Б-11 (магистратура, направление подготовки «Биология», профиль «Биомедицина»), Б-ПФБЖ-31 (бакалавриат, направление подготовки «Педагогическое образование», профиль «Физическая культура и основы безопасности жизнедеятельности»). Исследование проводилось в начале, середине и конце первого семестра. Для выявления утомления были использованы диагностические методики, предназначенные для оценки различных субъективных компонентов в структуре функционального состояния человека: 1) методика «Шкала состояний», направленная на оценку степени субъективной комфортности функционального состояния в данный момент времени; 2) методика оценки острого умственного утомления, предназначенная для оценки степени умственного утомления, развивающегося на протяжении одного рабочего дня у лиц, работа которых связана с обработкой информационных потоков; 3) методика «Шкала личностной тревожности», направленная на диагностику устойчивых проявлений тревожности в поведении и в отношении к различным ситуациям; 4) методика выявления хронического утомления, предназначенная для диагностики доклинических степеней хронического утомления, которое в своих крайних формах переходит в разряд патологических состояний (различные формы астенического синдрома, неврозов и др.), требующих медицинского вмешательства [2]. При этом в качестве основных показателей, отражающих функциональное состояние студентов, рассчитывались индекс субъективного комфорта (ИСК), индекс умственного утомления (ИУУ), индекс личностной тревожности (ИЛТ) и индекс хронического утомления (ИХРУ) [2]. Опросник для выявления факторов образа жизни студентов, влияющих на развитие утомления, был разработан авторами статьи на основе литературных данных [3].

Результаты исследования показали, что наиболее низкий ИСК наблюдался в группе Б-Б-41 и был отмечен у 35,3 % студентов группы в начале и середине семестра и у 17,6 % в конце семестра. В группе Б-Б-31 в начале семестра низкий ИСК имели только 5 % студентов, их количество увеличилось до 15 % в середине семестра и сохранилось до его конца. Незначительная часть студентов имела низкий ИСК в группе Б-ПФБЖ-31 в течение всего семестра (8,3 %, 8,3 % и 4,2 % в начале, середине и конце семестра соответственно) и в группе С-Ф-21 в его начале (12,5 %). В группе

Мв-Б-11 в течение всего семестра и в группе С-Ф-21 в середине и конце семестра студентов с низким ИСК отмечено не было. Субъективная комфортность - феномен, характеризующий психическое состояние студента, обусловленное его удовлетворенностью образовательной средой вуза [4]. Согласно тестированию, проводившемуся на сайте КГУ им. К.Э. Циолковского в 2024 году, студенты группы Б-Б-41 продемонстрировали низкую удовлетворенность образовательной средой, в то время как большинство студентов остальных групп были удовлетворены условиями обучения.

Наиболее высокий уровень острого утомления также был отмечен в группе Б-Б-41. При этом сильная степень умственного утомления наблюдалась у 11,8 % студентов группы в начале и в середине семестра и у 17,6 % в конце. В группе Б-Б-31 сильная степень острого умственного утомления была отмечена у 10,0 % студентов в начале и в конце семестра. У студентов остальных исследуемых групп сильная степень острого умственного утомления в течение всего семестра не была выявлена.

Во всех исследуемых группах в течение семестра у некоторых студентов наблюдался высокий уровень личностной тревожности. Так, в группе Б-Б-41 высокий ИЛТ был отмечен у 35,3 % студентов в начале и в середине семестра. В конце семестра относительное количество студентов с высоким уровнем личностной тревожности снизилось до 29,4 %.

Еще более высокий ИЛТ наблюдался у студентов группы Б-Б-31. Относительное число студентов с высоким уровнем личностной тревожности составило 50,0 % в начале и в середине семестра и достигло 70,0 % в конце семестра. Высокий ИЛТ в конце семестра может быть связан с волнениями студентов с хорошей успеваемостью, которые преобладают в группе, перед сессией, с «зарабатыванием» большого количества баллов БРС для получения отличных оценок.

В группе С-Ф-21 высокий ИЛТ в начале и середине семестра был у 87,5 % студентов группы, в конце семестра – у 62,5 %. В группе Мв-Б-11 высокий уровень личностной тревожности наблюдался у 66,6 %, 40,0 % и 50,0 % обследованных в начале, середине и в конце семестра соответственно.

В указанных группах (Б-Б-41, Б-Б-31, С-Ф-21 и Мв-Б-11) студентов с низким уровнем личностной тревожности отмечено не было во все периоды исследования в течение семестра.

В группе Б-ПФКБЖ-31 уже в начале семестра высокий ИЛТ имели 40,0 % обследованных. В середине семестра студентов с высоким ИЛТ

отмечено не было. К концу семестра высокий уровень личностной тревожности вновь возник у 20,0 % студентов группы. Повышение ИЛТ в конце семестра может быть связано с необходимостью выполнения большого количества заданий по различным дисциплинам перед сессией (набором необходимого количества баллов БРС) редко посещающими занятия студентами.

Среди студентов исследуемых групп высокий уровень хронического утомления был отмечен только в группах Б-Б-41 (у 5,5 % студентов) и Б-Б-31 (у 5,9 % студентов) в начале семестра. В группах Мв-Б-11 и Б-ПФКБЖ-31 у всех студентов в начале и в середине семестра наблюдался низкий уровень хронического утомления. Низкий и средний уровень хронического утомления был отмечен в группах Б-Б-41 и Б-Б-31 в середине и в конце семестра, в группах Мв-Б-11 и Б-ПФКБЖ-31 – в конце семестра, в группе С-Ф-21 – в течение всего семестра.

Исследование гендерных различий показало, что хроническое утомление больше выражено у девушек, чем у юношей (рис. 1). Так, в конце семестра средний уровень хронического утомления был отмечен 39,5 % всех обследованных девушек и только у 13,8 % юношей.

Исследование влияния факторов образа жизни на развитие утомления показало, что негативные факторы, действующие на организм по отдельности (курение, недостаток сна, отдыха, пассивный отдых, нерациональное питание и др.) не вызывают существенного повышения уровня острого и хронического утомления. В работе был использован подход «red flag» - «green flag», при котором суммировались все негативные факторы с учетом их интенсивности и вычитались факторы, положительно влияющие на здоровье.



Рисунок 1 - Уровень хронического утомления у юношей и девушек.

Итоговая сумма баллов по каждому студенту сравнивалась с уровнем его острого и хронического утомления. В большинстве случаев высокие баллы (26-37) положительно коррелировали с высоким уровнем острого и хронического утомления в отдельные периоды семестра.

Выводы:

1. У студентов выпускного курса направления подготовки «Биология» отмечался наиболее низкий уровень субъективного комфорта и наиболее высокий уровень острого утомления.

2. Во всех исследуемых группах у значительного числа студентов наблюдался высокий уровень личностной тревожности.

3. Высокий уровень хронического утомления был отмечен только у некоторых студентов 3 и 4 курсов направления подготовки «Биология».

4. Хроническое утомление в 3 раза чаще наблюдается у девушек, чем у юношей.

5. На развитие острого и хронического утомления оказывает влияние комплекс негативных факторов образа жизни студентов.

Список литературы

1. Психофизиологические основы учебного труда и интеллектуальной деятельности. Средства физической культуры в регулировании работоспособности: метод. указания / сост. : Н.В. Шамшина, Е.В. Голякова, Е.А. Гаврилова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 40 с.
2. Грузинцева, В.А. Эргономика: учебное пособие к практическим занятиям / В.А. Грузинцева, В.М. Воронова. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. – 107 с.
3. Артеменков, А.А. Работоспособность и утомление у лиц умственного труда: понятие о зонах активности человека // Медицина труда и экология человека. – 2020. - №1. – С. 20-35.
4. Маклаков А.Г., Авдиенко Г.Ю. Социально-психологическая комфортность для обучающегося в образовательной среде вуза и методы ее диагностики // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2015. №1 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-psihologicheskaya-komfortnost-dlya-obuchayushchegosya-v-obrazovatelnoy-srede-vuza-i-metody-ee-dagnostiki> (дата обращения: 9.04.2025).

Сравнение результатов использования митохондриальных ДНК-маркеров, микросателлитного анализа ядерной ДНК и данных геометрической морфометрии при исследовании породности *Apis mellifera* Калужской области

В.Е. Кузьмичев¹, С.А. Крымская², К.О. Петелина¹

¹*Калужский государственный университет им.К.Э.Циолковского, Калуга*

²*Севастопольский государственный университет, Севастополь*

Данные цифровой геометрической морфометрии показали принадлежность выборок к южной ветви происхождения пчёл по кубитальному, гантельному индексам и дискоидальному смещению. Анализ по локусу COI – COII митохондриальной ДНК подтвердил принадлежность пчел к генетической линии С (южной). Микросателлитный анализ ядерной ДНК показал, что наибольшая степень интрогрессии обнаружена у третьей семьи.

Наиболее продуктивен комплексный подход с использованием все трёх групп маркеров.

Ключевые слова. Медоносная пчела, ПЦР-анализ, мтДНК, яДНК, микросателлиты, цифровая морфометрия, породы пчёл.

Comparison of the results of using mitochondrial DNA markers, microsatellite analysis of nuclear DNA and geometric morphometry data in the study of pedigree *Apis mellifera* of the Kaluga region

V.E. Kuzmichev¹, S.A. Krymskaya², K.O. Petelina¹

¹*Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga*

²*The Sevastopol State University, Sevastopol*

The data of digital geometric morphometry showed that the samples belong to the southern branch of the bee's origin according to cubital, dumbbell indices and discoidal displacement. Analysis of the COI –COII locus of mitochondrial DNA confirmed the bees' belonging to the C (southern) genetic lineage. Microsatellite analysis of nuclear DNA showed that the highest degree of introgression was found in the third family. An integrated approach using all three groups of markers is most productive.

Keywords. Honey bee, PCR analysis, mtDNA, DNA, microsatellites, digital morphometry, bee breeds.

Поиск методов мониторинга популяций животных, которые подвергаются вмешательству хозяйственной деятельности человека, является необходимым для сохранения и эффективного воспроизводства данных популяций.

Наша лаборатория (Лаборатория генетики и биоинженерии пчёл) ведет мониторинг породности пчёл в Калужской области с 1992 года. И до 2012 года породный состав пчёл в нашей области плавно изменялся от тёмной лесной породы к карпатской, занявшей преобладающие позиции в начале текущего века. Обе породы районированы в нашей области ещё в 1979-ом году [3,4].

Цель работы. Произвести сравнительный анализ способов определения породности (подвидов) и внутрисемейной дискретности выборок медоносных пчел цифровыми геометрическими и молекулярно-генетическими методами.

Материалы и методы

Пчёлы отбирались во время зимовки на воле в декабре 2021г. от трёх семей разной силы (1 - очень сильная, 2- сильная, 3 - слабая). Пчёл фиксировали в этаноле (70%) сразу после отбора.

Правое переднее крыло помещалось на предметное стекло и фотографировалось цифровой камерой [7]. Дальнейшая обработка проводилась с использованием программы Б.Карташова «Порода по крыльям» в среде TPS Dig2 и MicrosoftExcel (рис.1) [3]. Эта программа позволяет отслеживать сочетание критериев у каждой индивидуальной особи и одновременно выдает интегральный результат по трём индексам (кубитальному, тарзальному и дискоидальному смещению). Для научных целей сохранение индивидуальных данных представляет не меньшую ценность по сравнению с общей оценкой.

Каждая особь помещалась в персональную пластиковую пробирку и нумеровалась. От каждой семейной выборки репрезентативно отбиралось по 6 пчел для молекулярно-генетического анализа.

Митохондриальный геном *A. mellifera* полностью просеквенирован. Он представлен кольцевой молекулой размером 16343 пар нуклеотидов и локализован внутри митохондриального матрикса. В мтДНК пчел обнаружено 13 белковых генов, 22 гена транспортной РНК и 2 гена субъединиц рибосом. Митохондриальный геном характеризуется большим содержанием АТ-нуклеотидов, большое количество которых было выявлено

в спейсерном участке мтДНК, локализованном между генами COI и COII. Известно, что участок, расположенный между ними, образован последовательностью гена tRNK^{Leu} и сложными повторами (рис. 2) [1].

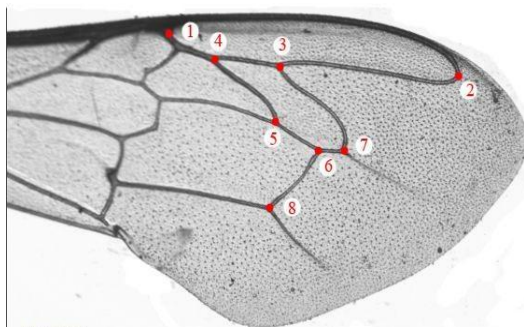


Рисунок 1 – Фото крыла с расставленными точками для дальнейшего автоматического анализа

Локус COI-COII состоит из двух нуклеотидных последовательностей – Р и Q. При этом первая может быть представлена тремя вариантами – P0, P1, P2. Эволюционные линии медоносной пчелы отличаются друг от друга числом копий нуклеотидных последовательностей. Так копий Р может не быть вовсе или она может быть одна, а Q может быть от одной до пяти [6].

Этот метод позволяет судить о происхождении медоносных пчел только по материнской линии. Установлено, что у южных пород в структуре локуса отсутствует нуклеотидная последовательность Р, а у среднерусской породы найдены несколько вариантов локуса, такие как PQQ, PQQQ, PQQQQ [6]. Например, восточно-европейская линия С обладает самой короткой последовательностью этого межгенного региона (имеет только одну копию Q элемента, Р последовательность отсутствует); подвиды пчел линий М, А, Z и Y характеризуются более длиной последовательностью, так как наряду с Р элементом содержат от 1 до 5 элементов Q (т.е. имеют варианты PQ, PQQ, PQQQ, PQQQQ и PQQQQQ) [5].

Традиционно западная медоносная пчела делится на четыре эволюционные линии: линия А (подвид, родом из Африки), линия М (Западная и Северная Европа), линия С (Южная и Восточная Европа) и линия О (Кавказ, Турция, Ближний Восток, Кипр, Крит) на основе морфометрических и молекулярных данных [6].

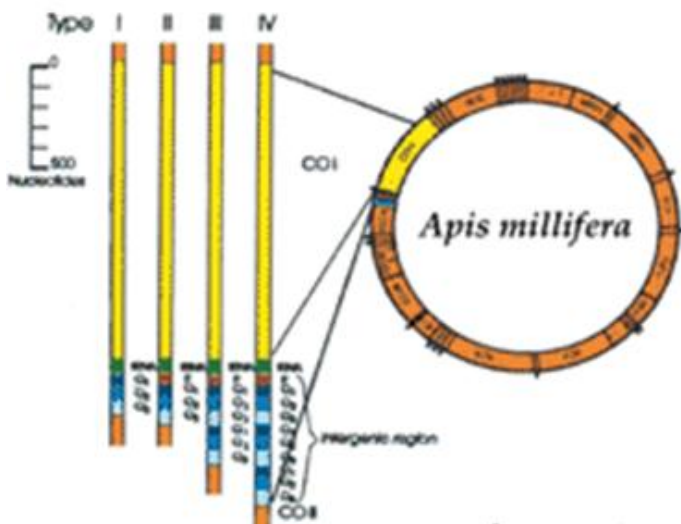


Рисунок 2 – Кольцевая митохондриальная ДНК *A. mellifera*. Слева: маркерная область мтДНК - COI-COII разных подвидов пчёл. Оранжевым цветом выделен фрагмент P, синим - фрагмент Q, зеленым ген мРНК, желтым - область гена малой субъединицы цитохромоксидазы I [1]

Результаты и обсуждение

По трём морфометрическим индексам было обнаружено по три-четыре дискретных фенотипических класса в каждой семье: серые горные кавказские (СГК), итальянские, краинские и неидентифицируемые помеси (табл.1). При усредненном автоматическом анализе выборки семья 1 отнесена к серым горным кавказским, а семьи 2 и 3 - к краинским.

Анализ мтДНК позволяет отделить лишь северную линию М, представленную тёмной лесной пчелой (она же среднерусская) от группы южных пород линии С (карника, карпатская, серая горная кавказская...). Для молекулярно генетического анализа от каждой семьи репрезентативно отобрано по 6 пчел. В таблице 2 выборки 1-6 взяты из семьи I, 7-12 - II, 12-18 - III, соответственно.

Таблица 1 – Результаты идентификации породного состава пчел по морфометрическим индексам

№ семьи	Количество пчел	Кубитальный индекс	Дискоидальное смещение	Гангельный индекс	Доля особей породы, %		
					СГК	Итальянский	Крайский
I	42	2,27±0,06	0,75±0,42	0,98±0,01	59,5	14,7	2,4
II	74	2,38±0,05	3,40±0,28	1,00±0,01	14,7	0	54,1
III	42	2,48±0,11	1,98±0,47	1,01±0,02	16,7	5,6	66,7

Проведённый молекулярно-генетический анализ пчёл из 3 семей межгенному локусу COI-COII мтДНК и микросателлитов яДНК (Лаб. биохимии адаптивности насекомых ИБГ УФИЦ РАН, г. Уфа) подтвердил, что все семьи имеют одну копию Q и принадлежат к южной эволюционной ветви С. То есть матки в этих семьях имеют южное происхождение (табл.2).

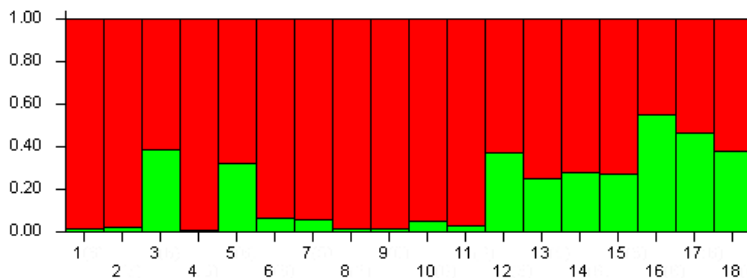


Рисунок 2 – Генетическая структура исследуемых выборок (семья I - 1,2,3,4,5,6; семья II - 7,8,9,10,11,12; семья III - 13,14,15,16,17,18).

Микросателлитный анализ выявляет уровень интрогрессии генов ветвей С и М внутри семьи. Оказалось, что степень гибридизации первой и третьей семей (0,858 и 0,627, соотв.) выше, чем второй (0,905). Таким образом, слабая семья оказалась более гибридизированной (рис.2).

Морфометрия особей второй семьи тоже дала меньшее количество кластеров, что коррелирует с микросателлитным анализом (табл.1).

На территории Российской Федерации из-за различных природных зон и климатических условий для разведения рекомендованы три подвида: *A.m. mellifera*, *A.m. carnica* (= *A.m. carpatica*), *A.m. caucasica*. Конкретно для Калужской области рекомендованы среднерусская и карпатская породы. Но серая горная кавказская также активно завозится пчеловодами области. Завозят также и породу Бакфаст, являющуюся сложным гибридом итальянской и СГК пород.

Таблица 2 – Уровень интрогрессии генов подвидов эволюционных ветвей М и С, рассчитанный на основе анализа полиморфизма микросателлитных локусов Ar243, 4a110, A24, A8, A43, A113, A88, Ar049 и A28.

№ семьи	№ пчелы	мтДНК		яДНК	
		СОI-СОП	Доля С	Доля М	
I сильная	1	Q	0.98	0.02	
	2	Q	0.97	0.03	
	3	Q	0.61	0.39	
	4	Q	0.99	0.01	
	5	Q	0.67	0.33	
	6	Q	0.93	0.07	
	Среднее:		0.858	0.142	
II сильная	7	Q	0.94	0.06	
	8	Q	0.98	0.02	
	9	Q	0.98	0.02	
	10	Q	0.94	0.06	
	11	Q	0.97	0.03	
	12	Q	0.62	0.38	
	Среднее:		0.905	0.095	
III слабая	13	Q	0.74	0.26	
	14	Q	0.72	0.28	
	15	Q	0.72	0.28	
	16	Q	0.44	0.56	
	17	Q	0.53	0.47	
	18	Q	0.62	0.38	

	Среднее:	0.627	0.372
--	-----------------	-------	-------

Вследствие того, что повсеместно происходит массовая гибридизация, использование локуса COI-COI митохондриальной ДНК не всегда позволяет однозначно установить происхождение пчёл. Появляется необходимость использования других маркеров. Для этого используются микросателлитные локусы яДНК. Морфометрический же анализ позволяет достаточно уверенно окончательно дифференцировать эти породы.

Таким образом, для проведения исследований и селекционной работы совершенно необходимо сочетание генетических и морфологических подходов. В таблице 3 приведен пример подобного подхода.

А.Н. Кучер, Н.В. Островерхова и соавт. (2016) указывают, что наличие гибридных форм ухудшает вероятность сохранения генофондов средне-русской и карпатской пород и затрудняет нахождение адаптивно-значимых признаков. Исследования, проводимые в разных странах, позволили найти необходимые маркеры и составить подходы для определения генеалогии особей [6].

Таблица 3 – Стандарты морфометрических показателей пчел с различной вариабельностью локуса COI-COI мтДНК [5, С.347 (с сокращениями)]

№ семьи	Колич.	Вар. локуса COI-COI	Кубитальн	Гантел	Дискоидальное		
			<i>Lim:min-max</i>	<i>Lim:min-max</i>	-	0	+
I	<i>A.m.mellifera</i>	PQQQ,	1,30–2,10	0,600–	Нет данных		
II		PQQ и др.	1,30–1,90	0,600–	91–	5–10	0
	<i>A.m.carpatia</i>	Q	2,30–3,00	>0,925	0,0	5,0	95,0
<i>Lim</i> – пределы значения признака; <i>I</i> – Стандарт породы, принятый в Европе, на основе значений кубитального и гантельного индексов (Cauia et al., 2008); <i>II</i> – Стандарт породы, принятый в России.							

Применение только данных анализа ядерного генома для определения породной принадлежности медоносных пчел считается не перспективным в местах обитания пчел разных пород. При определении породного состава пчелиных семей на данном этапе развития методов, особенно на территориях с разведением нескольких пород, а, следовательно, и потенциально повышенным уровнем метизации, необходимо использовать данные, как

вариабельности экстерьерных признаков, так и информацию о структуре локуса COI-COII митохондриальной ДНК [6].

Фактически большинство пчелосемей на товарных пасеках являются полиандрическими гибридами. Каждая рабочая особь является носителем половины генома матки, а вторая половина генома ей досталась от одного из десятка-двух трутней, с которыми матка спарилась. Трутни развиваются партеногенетически, поэтому трутневый фон в данной конкретной местности получается генетически очень пестрым. При получении пользовательских маток на такой пасеке они неизбежно будут давать сложногибридное потомство.

Выводы

Методом цифровой геометрической морфометрии гибридное происхождение исследованных семей с преобладанием серой горной кавказской (семья1) и краинской (семьи 2 и 3) пород. Также однозначно было исключено наличие особей среднерусской породы, для которой характерно отрицательное значение дискоидального смещения (табл.1). Установлена сложногибридная внутренняя структура исследованных выборок, представленная тремя-четырьмя кластерами.

Анализ межгенного локуса COI-COII митохондриальной ДНК позволил отнести все семьи к эволюционной ветви С. То есть матки в этих семьях имеют южное происхождение.

Микросателлитный анализ ядерной ДНК показал, что наибольшая степень интрогрессии обнаружена у третьей семьи. Таким образом, слабая семья оказалась более гибридной (рис.2).

Морфометрия особей второй семьи сравнительно меньшую степень её гибридности, так как обнаружено меньшее количество кластеров, что коррелирует с микросателлитным анализом (табл.1, 2).

Для получения более статистически значимых данных по породной (подвидовой) структуре семьи необходимо на молекулярный анализ отбирать большее количество особей (например, классический объем выборки в биометрии - 24 особи).

В местности совместного обитания нескольких пород необходимо для определения породности использовать комплексный подход: морфометрия в сочетании с митохондриальным и ядерным ДНК-анализом.

Грамотный морфогенетический контроль и планомерная селекция на основе современных генетических знаний позволят поддерживать

однородный генеалогический состав пасек и генетически однородный трутневый фон, соответствующие конкретной природно-климатической зоне.

Список литературы

1. Монахова М.А., Горячева И.И., Кривцов Н.И. Генетическая паспортизация *Apis mellifera*. Проблемы и методы. // Пчеловодство. - 2009.- №4. - С.12-14.
2. Монахова М.А., Горячева И.И., Кривцов Н.И. Медоносная пчела. *Apis mellifera* L. в генетическом поле.// Пчеловодство. - № 4. - 2007. - С.10-12.
3. Кузьмичев В.Е., Крымская С.А. Исследование генетических причин коллапса медоносных пчёл (*Apis mellifera* L.) помощью морфометрических и молекулярных методов с учётом их внутрисемейного наследственного полиморфизма / V Евроазиатский симпозиум по перепончатокрылым насекомым (Новосибирск, 21–25 августа 2023 г.): тезисы докладов. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С.92-93.
4. Кузьмичев В.Е., Аксюточкина В.Э., Крымская С.А., Митрошина А.С., Паршикова Е.М., Патынок М.А. К вопросу о связи внутренней генетической неоднородности пчелосемей с необъяснимым осенним слётом пчёл из улья. / Материалы Междунар. научно-практ. конф. «Мировые и российские тренды пчеловодства и апитерапии: реалии и вызовы будущего.» – Рыбное: ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2025. – С.116-122.
5. Островерхова Н.В. Медоносная пчела *Apis mellifera* L. в Сибири: биоразнообразие, эпидемиология болезней и аспекты селекции. - Дисс...доктора биол. наук. - Томск. - Национальный исследовательский Томский государственный университет. – 2018. - 361с.
6. Кучер А.Н. Изучение генетического разнообразия медоносных пчел: некоторые проблемы и пути их решения [Текст] / А.Н. Кучер, Н.В. Островерхова, О.Л. Конусова, Т.Н. Киреева, Д.В. Курбатский // Биомика, 2016. – Т. 8. – № 2. – С. 128-141.
7. Березин, А.С. Методы морфометрии в определении породной принадлежности медоносных пчел [Текст] / А.С. Березин // Биомика, 2019 – Том 11, № 2,– С. 167-189.

УДК: 58.009

Прибрежно-водные растения Яченского водохранилища

М.Н. Снонова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье приводятся результаты исследования прибрежно-водной и водной растительности Яченского водохранилища (г. Калуга). На основе анализа составленного флористического списка проведена оценка загрязнения водоема органическими веществами и его способности к самоочищению. Определена степень зарастания и эвтрофикации.

Ключевые слова: флора, растительность, водохранилище, сапробность, эвтрофикация, степень зарастания.

Coastal aquatic plants of the Yachensk reservoir

M.N. Sionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article presents the results of a study of the coastal-aquatic and aquatic vegetation of the Yachensk reservoir (Kaluga). Based on the analysis of the compiled floral list, an assessment of the pollution of the reservoir with organic substances and its ability to self-purify was carried out. The degree of overgrowth and eutrophication has been determined.

Keywords: flora, vegetation, reservoir, saprobicity, eutrophication, degree of overgrowth.

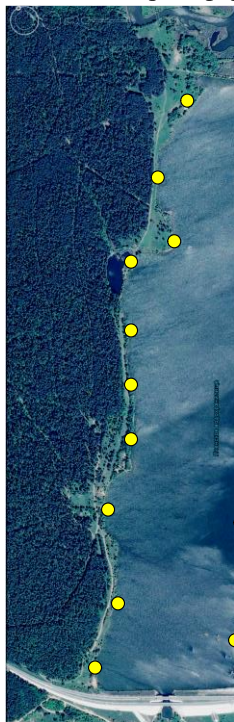
Яченское водохранилище - искусственный водоем, расположенный на западной окраине города Калуги. Размещается в устьевой части реки Яченки. Расстояние от русла р. Оки составляет 200–250 м. Официально в эксплуатацию водохранилище было введено в декабре 1979 года, но заполнено только в паводок 1980 года. В соответствии с проектной документацией [1] длина водохранилища составляет 2500 м; наибольшая ширина 1200 м; средняя ширина 750 м; площадь зеркала 2,3 км²; полный объем 5 млн м³. Основной грунт - песчаный. Водохранилище предназначалось для организации отдыха трудящихся, проведения водноспортивных мероприятий и поддержания статического уровня воды в водозаборах.

Яченское водохранилище в настоящее время представляет собой сложную экосистему, состоящую из биотического и абиотического компонентов, которые взаимосвязаны и совместно функционируют.

С экологической точки зрения для поддержания устойчивости водоема необходимо сохранение разнообразия биоты, включающей организмы различных систематических групп, между которыми в экосистеме складываются сложные взаимоотношения.

Высшие водные растения — это важнейший компонент водных экосистем, так как они являются продуцентами, то есть в результате фотосинтеза поставляют вещество и энергию в экосистему водоёма. Они принимают участие в обмене биогенных элементов, самоочищении воды, способны накапливать и трансформировать загрязнители.

Рисунок 1
— Схема



расположения точек описания
растительности

Заросли высших водных растений в водоёмах являются барьером для рассеянных загрязнений, поступающих в водоём частиц минеральных и органических веществ. Фильтрация через заросли водных растений способствует осаждению частиц и увеличению прозрачности воды. Очищение от веществ, содержащих биогенные элементы (углерод, азот, кислород, водород), макроэлементы (фосфор, сера, калий, кальций, магний и др.) и микроэлементы (железо, марганец, медь, цинк и др.) происходит путём их поглощения, трансформации, накопления и включения в метаболизм. Способность водных растений к поглощению соединений азота и фосфора препятствует эвтрофикации водоема.

Кроме того, важное значение прибрежно-водная растительность имеет как место обитания многих видов водных животных. Особенно высокий уровень видового разнообразия отмечается в

водоемах в прибрежной зоне, где формируются фрагменты зарослей высших растений.

Методы исследования

Обследование прибрежно-водной растительности проводилось в июле-августе 2016 и 2024 года. При изучении флоры и растительности водоёма применялся маршрутный метод. Проходились по 2 кольцевых маршрута в двух повторностях. Первый по водному зеркалу Яченского водохранилища на резиновой весельной лодке. Второй - сухопутный - по прибрежной зоне. При составлении списка флоры учитывали все водные и прибрежно-водные высшие растения. Определение видового состава собственно водных (погруженных) растений проводилось по образцам, собранным стандартным методом [2] с помощью водяных грабелек. Прибрежно-водная растительность описывалась на 15 учетных площадках, по 100м² каждая. Расположение пробных площадок показано на рисунке 1.

Относительное обилие макрофитов и степень зарастания водоема оценивались визуально по схеме, разработанной К. Starmach [3].

- 1) ничтожное: от 1/100 до 1/50 поверхности, или 1–2%;
- 2) небольшое: от 1/500 до 1/10 поверхности, или 3–10%;
- 3) среднее: от 1/10 до 1/5 поверхности, или 11–20%;
- 4) большое: от 1/5 до 1/3 поверхности, или 21–35%;
- 5) очень большое: от 1/3 до 1/2 поверхности, или 35–50%;
- 6) чрезмерное - более 50%

Результаты исследования

Характеристика флоры и растительности Яченского водохранилища. На основании анализа литературных источников [4, 5, 6] и материалов проведенных полевых обследований составлен систематический список сосудистых растений, произрастающих по берегу, в прибрежной зоне водоема и на плавнях.

СПИСОК ВИДОВ

Сем. 1. Equisetaceae – Хвощевые

1. *Equisetum fluviatile* L. [=*E. heleocharis* Ehrh., =*E. limosum* L.] – Хвощ речной, или топяной.

Сем. 2. Typhaceae – Рогозовые

2. *Typha latifolia* L. – Рогоз широколистный. *Один из доминантов почти на всем водохранилище.*

Сем. 3. Sparganiaceae – Ежеголовниковые

3. *Sparganium emersum* Rehm. [=*S. simplex* auct., non Huds.] – Ежеголовка всплывающая или простая.
4. *Sparganium erectum* L. [=*S. polyedrum* (Aschers. et Graebn.) Juz., *S. ramosum* Huds.] – Ежеголовка прямая или ветвистая. Местами доминирует.

Сем. 4. Potamogetonaceae – Рдестовые

5. *Potamogeton pectinatus* L. – Рдест гребенчатый.
6. *Potamogeton perfoliatus* L. – Рдест пронзеннолистный.

Сем. 5. Alismataceae – Частуховые

7. *Alisma plantago-aquatica* L. [=*A. Plantago* L.] – Частуха подорожниковая.
8. *Sagittaria sagittifolia* L. – Стрелолист обыкновенный.

Сем. 6. Butomaceae – Сусаковые

9. *Butomus umbellatus* L. – Сусак зонтичный

Сем. 7. Hydrocharitaceae – Водокрасовые

10. *Elodea canadensis* Michx. – Элодея канадская.
11. *Hydrocharis morsus-ranae* L. – Водокрас лягушачий, или водокрас обыкновенный.

Сем. 8. Gramineae – Злаки

12. *Alopecurus aequalis* Sobol. – Лисохвост равный.
13. *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth [=*C. lanceolata* Roth] – Вейник седеющий.
14. *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. – Манник плавающий.
15. *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. [=*G. aquatica* (L.) Wahl., =*G. spectabilis* Mert. et Koch.] – Манник большой.
16. *Glyceria plicata* (Fries) Fries – Манник складчатый.
17. *Phalaroides arundinacea* (L.) Raush. – Двуклесточник тростниковый.
18. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. [=*Ph. communis* Trin.] – Тростник южный или обыкновенный. Доминирующий вид, образующий заросли на прибрежных мелководьях.
19. *Poa palustris* L. – Мятлик болотный

Сем. 9. Cyperaceae – Осоковые

20. *Carex acuta* L. [=*C. gracilis* Curt.] – Осока острая.
21. *Carex rostrata* Stokes – Осока вздутая.
22. *Carex pseudocyperus* L. – Осока ложносытевидная. На сплаvine, часто.
23. *Eleocharis palustris* (L.) R. Br. [=*E. eupalustris* Lindb. f., =*Heleocharis palustris* R. Br.] – Болотница болотная, или Ситняг болотный
24. *Scirpus sylvaticus* L. – Камыш лесной.

Сем. 10. Lemnaceae – Рясковые

25. *Lemna minor* L. s. l. – Ряска малая.
26. *Lemna trisulca* L. – Ряска трехдольная.
27. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. – Многокоренник обыкновенный.

Сем. 11. Juncaceae – Ситниковые

28. *Juncus articulatus* L. - Ситник членистый
29. *Juncus bufonius* L. - Ситник жабий
30. *Juncus compressus* Jacq. - Ситник сплюснутый
31. *Juncus effusus* L. – Ситник развесистый.
32. *Juncus inflexus* L. - Ситник искривленный

Сем. 12. Iridaceae – Ирисовые

33. *Iris pseudacorus* L. – Ирис аировидный. *В некоторых описанных точках доминирует* (рис.2).

Сем. 13. Salicaceae – Ивовые

34. *Salix cinerea* L. – Ива пепельная.

Сем. 14. Betulaceae – Березовые

35. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. – Ольха клейкая или черная.

Сем. 15. Polygonaceae – Гречишные

36. *Polygonum amphibium* L. – Горéц земноводный.
37. *Polygonum hydropiper* L. – Горéц перечный.
38. *Polygonum lapathifolium* L. s. l. – Горéц щавелелистный.
39. *Polygonum minus* Huds. – Горéц малый.
40. *Rumex aquaticus* L. – Щавéль водный.

Сем. 16. Гвоздичные – Caryophyllaceae

41. *Myosoton aquaticum* (L.) Moench - Мягковолосник водный.

Сем. 17. Ceratophyllaceae – Роголистниковые

42. *Ceratophyllum demersum* L. – Роголистник темно-зеленый, или Роголистник погруженный. *Доминирует среди собственно водных растений* (Рис.3).

Сем. 18. Ranunculaceae – Лютиковые

43. *Ranunculus circinatus* Sibth. – Лютик круглолистный.
44. *Ranunculus divaricatus* Schrank - Лютих расходящийся.
45. *Ranunculus repens* L. – Лютик ползучий.
46. *Ranunculus sceleratus* L. Лютик ядовитый.

Сем. 19. Cruciferae – Крестоцветные

47. *Rorippa amphibia* (L.) Bess. [= *Nasturtium amphibium* (L.) R. Br.] – Жерушник земноводный.
48. *Rorippa x anceps* (Wahlenb.) Reichenb. – Жерушник.
49. *Rorippa palustris* (L.) Bess. – Жерушник болотный
50. *Rorippa sylvestris* (L.) Bess. – Жерушник лесной
51. *Cardamine amara* L. – Сердечник горький.

Сем. 20. Rosaceae – Розоцветные

52. *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. [= *Spiraea Ulmaria* L.] – Таволга вязолистная.

Сем. 21. Balsaminaceae – Бальзаминовые

53. *Impatiens noli-tangere* L. – Недотрога обыкновенная.

Сем. 22. Lythraceae – Дербенниковые

54. *Lythrum salicaria* L. – Дербенник иволистный.

Сем. 23. Onagraceae – Кипрейные

55. *Epilobium hirsutum* L. – Кипрей волосистый.
56. *Epilobium palustre* L. – Кипрей болотный.

Сем. 24. Umbelliferae – Зонтичные

57. *Angelica archangelica* L. – Дудник лекарственный.
58. *Cicuta virosa* L. – Вех ядовитый.
59. *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. [= *Oe. Phellandrium* Lam.] – Омежник водный.

Сем. 25. Primulaceae – Первоцветные

60. *Hottonia palustris* L. – Турча болотная.
61. *Lysimachia vulgaris* L. – Вербейник обыкновенный.
62. *Lysimachia nummularia* L. – Вербейник монетный

Сем. 26. Boraginaceae – Бурачниковые

63. *Myosotis caespitosa* K. F. Schultz – Незабудка дернистая.
64. *Myosotis palustris* (L.) L. [= *M. palustris* Lam., = *M. scorpioides* L.] – Незабудка болотная.

Сем. 27. Labiatae – Губоцветные

65. *Lycopus europaeus* L. – Зюзник европейский.
66. *Mentha arvensis* L. – Мята полевая.
67. *Scutellaria galericulata* L. – Шлемник обыкновенный.
68. *Stachys palustris* L. – Чистец болотный.

Сем. 28. Solanaceae – Пасленовые

69. *Solanum dulcamara* L. – Паслен сладко-горький.

Сем. 29. Rubiaceae – Мареновые

70. *Galium palustre* L. – Подмаренник болотный.

71. *Gnaphalium uligosum* L.s.l. - Подмаренник топяной

Сем. 30. Compositae – Сложноцветые

72. *Bidens cernua* L. – Черда поникшая.

73. *Bidens tripartita* L. - Черда трехраздельная

74. *Xanthium albinum* (Widd.) H.Scholz - Дурнишник беловатый



Рисунок 2 - Заросли *Iris pseudacorus* в прибрежной зоне Яченского водохранилища со стороны Калужского городского бора.



Рисунок 3 - *Ceratophyllum demersum*, доминант среди водных растений Яченского водохранилища.

Флора высших сосудистых прибрежно-водных растений водохранилища насчитывает на данном этапе исследований 74 вида из 30 семейств. Большинство видов флоры принадлежит к экологическим группам гигрофитов и гигромезофитов, объединяющих растения переувлажненных увлажненных местообитаний. Гидрофиты представлены слабо, ни один вид гидрофитов не характеризуется высокими показателями обилия и встречаемости.

Характер зарастания Яченского водохранилища. Прибрежно-водная растительность довольно однообразна, что обусловлено экологическими особенностями водоема: сравнительно молодым возрастом (45 лет) и искусственным происхождением.

В южной (со стороны дамбы) и восточной (со стороны набережной) частях Яченского водохранилища прибрежно-водная растительность

практически не представлена. Процессы зарастания отмечены на незначительных участках по урезу воды.

Вдоль водоема с северной и западной сторон тянется достаточно узкий пояс прибрежной (околоводной) растительности (1–3 м шириной), представленный зарослями ивы пепельной и ольхи черной. Под древесными растениями расположены смешанные заросли из злаков: двуклосточника тростникового и манника большого, а также осоки острой. На прибрежном мелководье на заиленных местах сформировались скопления рогоза широколистного, манника большого и тростника обыкновенного (рис.4). Высота растений в этих участках достигает 2,5–3 м. В северо-западной части водохранилища образовался островок из зарослей ежеголовника простого.



Рис.4. Прибрежное высокотравье: дудник лекарственный, рогоз широколистный, тростник южный.

На переплетении побегов и корней основных сплавинообразователей, таких как манник большой (*Glyceria maxima*), поселяются десятки видов, укореняющихся на переплетении корней и побегов вместо почвы.

В месте впадения р. Яченки в собственно водохранилище также прослеживаются начальные эвтрофикационные процессы. Здесь отмечены ряска малая (*Lemna minor*), ряска трехдольная (*Lemna trisulca*) и многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrhiza*). В целом растительность прибрежной зоны имеет массивно зарослевый и бордюрный характер.

Водная растительность представлена формациями горца земноводного, роголистника темно-зеленого, рдеста гребенчатого и рдеста пронзеннолистного, элодеи канадской. Основными доминантами среди водных полностью погруженных растений в Яченском водохранилище

являются роголистник тёмно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*) и рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*). Растительные сообщества Яченского водохранилища отличаются небольшим разнообразием и относительно малым количеством эдификаторов водных сообществ.

Общая площадь зарослей высших растений, сформировавшихся в прибрежных участках водохранилища около 1800–2000 м², что составляет около 0,08% от площади водного зеркала (2,3 км²).

Таким образом в настоящее время Яченское водохранилище имеет степень зарастания менее 1%, то есть данный водоем является умеренно заросшим (зарастание ничтожное по К. Starmach (1954)).

Оценка сапробности по высшим растениям. Высшие растения могут быть использованы в качестве индикаторов состояния водоема. Одним их показателей, используемых для такой оценки, является индекс сапробности. В «Унифицированных методах исследования качества вод» (1976) приведены списки сапробных организмов, где водные растения распределены по пяти классам сапробности для пресных вод [2, 8].

При обследовании прибрежно-водной растительности Яченского водохранилища отмечены 6 видов из этого списка. Их положение в системе сапробности приведено в таблице 1.

Все индикаторные виды, отмеченные в Яченском водохранилище характеризуются небольшим обилием и встречаются в основном на заиленных участках и в затонах. Большинство из них указывает на степень сапробности β , индекс сапробности при этом варьируется в пределах от 0,8 до 2,25. В бета-мезосапробных водоемах органических загрязнителей мало; кроме аммиака, есть продукты его окисления (азотная и азотистая кислоты), много кислорода. Таким образом, индикаторные виды макрофитов указывают на невысокую степень загрязнения Яченского водохранилища органическими загрязнителями.

Таблица 1 - Индикаторные виды высших водных растений Яченского водохранилища в системе сапробности

Вид	Зона							
	<i>s</i>	<i>x</i>	<i>o</i>	β	α	<i>p</i>	<i>I</i>	<i>S</i>
<i>Equisetum fluviale</i>	0	2	8	-	-	-	4	0,8
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	β	-	3	7	-	-	3	1,7
<i>Elodea canadensis</i>	β	-	2	7	1	-	3	1,85

<i>Lemna minor</i>	β	-	1	8	1	-	3	2,25	
<i>Polygonum amphibium</i>	β	-	3	6	1	-	3	1,75	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	$0-\beta$	-	5	5	-	-	3	1,5	

Присутствие на заиленных участках у понтонного моста частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*), водокраса обыкновенного (*Hydrocharis morsus-ranae*), ряски малой (*Lemna minor*) и горбатой (*Lemna trisulca*) указывает на небольшую эвтрофированность водоема, вызванную накоплением в нем азота и фосфора.

Роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*), ситняг болотный (*Eleocharis palustris*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), ряски горбатая и малая (*Lemna minor*, *L. trisulca*) указывают также и на присутствие органического загрязнения в первую очередь в участках водоема, где образуется застой воды.

Роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*), водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae*), ряски малая и горбатая (*Lemna minor*, *L. trisulca*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), отмеченные в Яченском водохранилище указывают на загрязнение тяжелыми металлами. Степень такого загрязнения по видам индикаторам не определяется.

Макрофиты - индикаторы самоочищения в Яченском водохранилище. Высшие водные растения играют важную роль в процессе самоочищения водоёмов от загрязнения различными органическими веществами [7]. Процесс естественного самоочищения приводит к разложению органических веществ до минеральных соединений (процесс минерализации), благодаря чему вода при стоянии не загнивает, что подтверждается также отсутствием осязательного гнилостного запаха.

Ряд видов макрофитов является индикаторами самоочищения водоема. Во время обследования Яченского водохранилища было отмечено 12 таких видов.

1. Водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae*)
2. Ирис аировидный (*Iris pseudacorus*)
3. Камыш лесной (*Scirpus sylvaticus*)
4. Манник большой (*Glyceria maxima*)
5. Манник плавающий (*Glyceria fluitans*)

6. Рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus*)
7. Рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*)
8. Рогоз широколистный (*Typha latifolia*)
9. Роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*)
10. Хвощ речной (*Equisetum fluviatile*)
11. Частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*)
12. Элодея канадская (*Elodea canadensis*)

Эти растения депонируют значительную часть загрязняющих веществ в своей фитомассе и таким образом выполняют роль мощного биофильтра, способствуя самоочищению экосистемы водоема. Произрастание данных видов в Яченском водохранилище указывает на его достаточно высокую способность к самоочищению.

Выводы

Изучение состава прибрежно-водных растений Яченского водохранилища в июле-августе 2016 года позволяет сделать следующие выводы:

1. Распределение макрофитов в прибрежной зоне водохранилища имеет массивно зарослевый и бордюрный характер.
2. В настоящее время Яченское водохранилище имеет степень зарастания менее 1 %, то есть данный водоем является умеренно заросшим (зарастание ничтожное по К. Starmach (1954)).
3. С экологической точки зрения для поддержания устойчивости водоема необходимо сохранение разнообразия высших водных растений - важнейшего компонента водных экосистем.
4. На заиленных участках происходит начальная стадия эвтрофикации.
5. В целом, индикаторные виды макрофитов указывают на невысокую степень загрязнения Яченского водохранилища органическими загрязнителями и на его достаточно высокую способность к самоочищению.

Список литературы:

1. Материалы по обоснованию проекта внесения изменений в генеральный план. [Электронный ресурс]. URL: <http://old.admoblkaluga.ru> (2014) (дата обращения: 20 июня 2016).
2. Садчиков А.П. Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность: Учеб.пособие для студ.высш.учеб.заведений / А.П.Садчиков, М.А. Кудряшов. - М., 2005. - 240 с.

3. Starmach K. Metody badan spodowiska stawowego // Biul. Zakladu. Biol. Stawow PAN. 1954. № 2. S. 10–21.
4. Решетникова Н.М. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н.М. Решетникова, С.Р. Майоров, А.К.Скворцов, А.В. Крылов, Н.В. Воронкина, М.И. Попченко, А.А. Шмытов. - М., 2010. 548 с.
5. Шмытов А.А., Щербаков А.В. Очерк флоры Яченского водохранилища // Калуга в шести веках: Материалы 3-й городской краеведческой конференции / Сост. В.А. Дьяченко. - Калуга, 2000. С. 277–279.
6. Решетникова Н.М. Материалы к Красной книге Калужской области: данные о регистрации сосудистых растений за 150 лет с картами распространения / Н.М. Решетникова, А.В. Крылов, Е.М. Сидоренкова, Н.В. Воронкина, А.А. Шмытов, М.И. Попченко, С.Р. Майоров, Р.А. Романова. - Калуга, 2015. - 448 с.
7. Кокин К.А. Экология высших водных растений: учебное пособие / К.А. Кокин. - Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1982. - 158 с.

УДК 573. 574.3. 575.17

Популяционно-фенетический анализ

А.Б. Стрельцов

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Работа посвящена краткому историческому обоснованию и описанию фенетического анализа, понятиям фен, фенетика. Сделан обзор некоторых фенетических исследований в Калужском государственном университете им. К.Э. Циолковского.

Ключевые слова: фен, фенетика, популяция, биоиндикация

Population-phenetic analysis

A.B. Streltsov

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The work is devoted to a brief historical justification and description of phenetic analysis, the concepts of phene, phenetics. A review of some phenetic studies at the Kaluga State University named after K.E.Tsiolkovsky is made.

Keywords: phene, phenetics, population, bioindication

Сам термин популяция был официально предложен Вильгельмом Йогансеном в 1903 году. Однако представление о происходящих в группах особей процессах изменчивости возникло еще ранее.

Популяция — это достаточно многочисленная совокупность особей определенного вида, в течение длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенный участок географического пространства, внутри которого практически осуществляется та или иная степень случайного свободного скрещивания, панмиксии, и нет заметных изоляционных барьеров. Она отделена от соседних таких же совокупностей особей данного вида той или иной преградой, препятствующей свободному скрещиванию [1, 2].

Фактически в настоящее время популяционный стиль мышления, популяционный подход, проникли во все направления теоретической и прикладной биологии [3]. Без рассмотрения популяционных проблем невозможно решить задачи по сохранению редких и исчезающих видов в природе и рациональном, неистощительном использовании живых организмов в целом.

С одной стороны изучением популяций занимаются генетика популяций и популяционная экология, а с другой сравнительно новое направление - фенетика популяций.

Прежде чем немного прояснить возникновение фенетики, как самостоятельного направления популяционных исследований, процитирую слова автора-создателя, сформировавшего, собственно, это новое направление, всемирно известного эволюциониста и эколога - Алексея Владимировича Яблокова. «Всякое новое есть хорошо забытое старое - гласит известная поговорка. В значительной степени поэтому история науки является не архивом или кладбищем умерших идей, а скорее собранием недостроенных архитектурных ансамблей. И часто здания в этих ансамблях были не достроены не из-за ошибочности замысла, а из-за нехватки строительного материала. Нечто подобное, по моему мнению, сложилось и в той области биологии, которая связана с изучением природных популяций и микроэволюции: оружие — научный метод для решения, казалось бы,

неразрешимого противоречия [4] между необходимостью изучения генетических процессов, текущих в природных популяциях, и невозможностью (ни сейчас, ни в обозримом будущем!) изучить генетику хотя бы нескольких процентов от всех существующих видов живых организмов — уже было выковано нашими предшественниками» [1].

Знаменитый датский генетик В. Иоганнсен, опубликовав в 1909 г. свою книгу «Элементы точного учения о наследственности», в которой в науку вводятся давно ожидаемые термины «ген», «генотип», «фенотип», «аллель». И совсем незаметным осталось упоминание автором еще одного термина - «фен» (phene) для обозначения «простого» признака. Под этим термином Иоганнсен понимал «элементарный генетически обусловленный признак». В современной интерпретации фенами называются любые дискретные альтернативные вариации признаков и свойств особей, которые на всём имеющемся материале (обязательно многочисленном) далее неподразделяемы без потери качества. Фены всегда отражают генетическую конституцию данной особи, а своей частотой – генетическую структуру популяции и других (как более, так и менее крупных) групп особей данного вида. Основным свойством фена является его дискретность, неделимость (при наследственной передаче) во всем изученном материале. Выделяемые фены по своей генетической природе могут быть различными: одни генетически "элементарные", другие образуются в результате сочетаний действия нескольких генов (сохраняя при этом дискретный характер проявления как элементарного фенотипического признака).

Так, закон гомологических рядов Н.И. Вавилова нигде не упоминает о фенах, он очень мало и вскользь говорит об отдельных признаках, но весь его фактический материал, обширные таблицы и сопоставления сделаны по большей части на основе сравнения легко выделяемых, наследственно обусловленных дискретных признаков особи.

При определенных задачах популяционного исследования могут быть использованы фенокомплексы, позволяющие охарактеризовать особь, а в дальнейшем и популяцию, по определенному сочетанию отдельных вариаций (фенов). Фенокомплексы могут рассматриваться как фены более высокого уровня иерархии [4, 5, 6]. Фены наиболее высокого уровня маркируют определенной частотой группы популяций самых высоких рангов. Фены следующего уровня - варианты основных элементов рисунка - обнаруживают строгую закономерность в изменении частоты на протяжении всего ареала.

Таким образом перспективность популяционно-фенетического подхода [3] обусловлена тем, что характер наследования разных признаков и свойств, а также генетическую структуру популяции и её динамику можно изучить только для тех (немногочисленных) видов, которые доступны экспериментальному генетическому исследованию. Ни сегодня, ни в обозримом будущем не будет возможности проанализировать собственно генетическими методами подавляющее большинство видов живых организмов.

В Калужском государственном (тогда ещё педагогическом) университете им. К.Э. Циолковского при поддержке А.В. Яблокова, была организована лаборатория биоиндикации. Не один десяток студентов-биологов участвовали в её работе. В меру возможностей, определявшихся его занятостью, Алексей Владимирович курировал научные исследования, проводимые в лаборатории, интересовался новостями. Он поддержал наши работы по применению ГИС-технологий для фенгеографических исследований. В основном это были исследования по фенетике. Любимым нашим объектом была прыткая ящерица – *Lacerta agilis*. Исследования по этому виду вылились в монографическое описание под общим руководством Алексея Владимировича. В одном из разделов мне на основании фенетического анализа удалось выделить на территории Калужской области зону вторичной интерградации признаков двух основных подвидов *L.a. agilis* и *L.a. exigua*.

Для выделения фенев необходимо провести сравнение изменчивости отдельных признаков и свойств, провести отбор среди элементарных признаков(далее неделимых) т. е. провести анализ на делимость, анализ данных по характеру наследования и изменчивости признаков у филогенетически близких форм. Обязательной является проверка правильности выделения фенев на природном материале. [1]. Так многолетний фенетический анализ *Necrophorus vespillo* L. С построением дендрограмм встречаемости отдельных фенев, (Рис. 1), показал, что территорию Калужского городского бора занимает единая популяция.

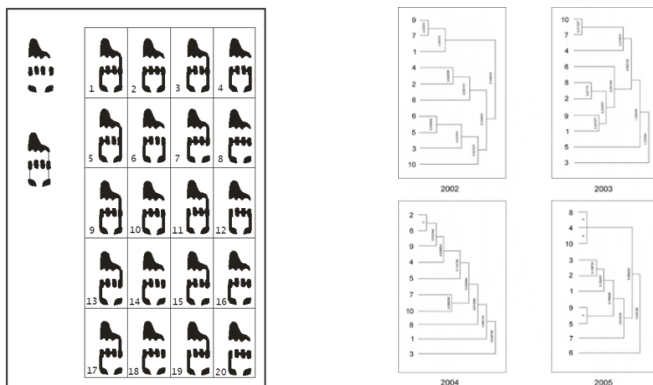


Рисунок 1 – Выделенные фены окраски надкрыльев и дендрограммы их встречаемости по годам (из Трофимов, 2007).

В качестве видов биоиндикаторов для фенетического анализа в разное время использовались [8, 9, 10, 11, 12] оса обыкновенная, зеленые лягушки, снить, божья коровка двухточечная, прыткая ящерица, пенница слюнявая, гекконы и некоторые другие.

Следует отметить, что число признаков фенотипа может быть неограниченно большим, но включению признака в каталог должен предшествовать строгий отбор. Признак, включаемый в каталог, должен быть «понятен» любому исследователю, а локализация признака должна быть доступна точному указанию. Очень важно, чтобы выделенными фенами могли пользоваться и другие исследователи. (Яблоков А. В. 1988).

Любая популяция отличается от всех остальных частотой аллелей, что должно выражаться, в свою очередь, специфической частотой разных фенов, это могут быть, например, фены окраски. При этом подходе можно сравнить выборки, взятые из разных районов, и определить, могут ли они относиться по частоте фенов к одной общей популяции [3].

Таким образом, фенетический анализ позволяет выделять популяционные группировки разного уровня - от отдельных «менделевских» популяций, до подвидов и косвенно характеризовать их генотипическую структуру.

Список литературы:

1. Яблоков А.В. Фенетика. Эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 135

2. Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973. 278 с.
3. Яблоков А.В., Ларина Н.И. Введение в фенетику популяций. М.: Высш. школа, 1985. 160 с.
4. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977. 297 с.
5. Васильев А.Г. Опыт эколого-фенетического анализа уровня дифференциации популяционных группировок с разной степенью пространственной изоляции // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 15-24.
6. Васильев А.Г. Фенетический анализ биоразнообразия на популяционном уровне: Автореф. дис. ... докт. биол. наук / ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург, 1996. 47 с.
7. Баранов А.С. Маркировка фенами разного масштаба внутривидовых группировок разного ранга // Фенетика природных популяций. М.: Наука, 1988. С. 170-177.
8. Стрельцов А.Б. Феногеография пенницы обыкновенной. Сб. науч. тр. Фенетика популяций. – М., 1985. – С.145-146.
9. Устюжанина О.А. «Биоиндикационная оценка качества окружающей среды по стабильности развития и фенетике бесхвостых амфибий *Rana ridibunda*, *R. lessonae*, *R. esculenta*, *R. temporaria*»: автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / Калуж. гос. пед. ун-т им. К. Э. Циолковского. - Калуга, 2002. - 20 с.
10. Разумовская С.С., Стрельцов А.Б. Два подхода к биоиндикационной оценке качества окружающей среды // Проблемы региональной экологии. Камертон, 2012. № 6.
11. Константинов Е. Л., Булдова О. Ю. Изменчивость фолидоза нижней челюсти *Hemidactylus platyurus* (SCHNEIDER, 1792) на территории Лаоса и Камбоджи // Вестник СПбГУ. 2016. Вып. 3. С. 57–62.
12. Шпынов А.В. Сравнительный анализ некоторых биологических параметров и методов их обработки применительно к системе биомониторинга. – Дис. к-та биол. наук: 03.00.29. Калуга, 1998. – 154с.
13. Трофимов И. Е. Биоиндикация качества среды по стабильности развития и фенотипической изменчивости жуков-мертвоедов (Coleoptera: Silphidae): дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / Калуж. гос. пед. ун-т им. К. Э. Циолковского. - Калуга, 2007. - 24 с.

УДК 537.8+595.772+575.1

Стимуляция излучением мм диапазона метаморфоза галлицы *Aphidoletes aphidimyza* и эпигенетическое наследование

О.П. Эндебера

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Автор проанализировал результаты исследований влияния мм излучения на динамику вылета из коконов имаго галлицы *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera). Отмечен стимулирующий эффект для 50,00 ГГц, который сильнее выражен у потомков облучённых особей. Предложена гипотеза об эпигенетическом характере наследования выявленного эффекта.

Ключевые слова: мм излучение, метаморфоз *Aphidoletes aphidimyza*, эпигенетическое наследование.

Stimulation of the gall midge *Aphidoletes aphidimyza* metamorphosis by mm-range radiation and epigenetic inheritance

O.P. Endebera

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

Author has analyzed results of researches of mm radiation influence on the dynamics of the gall midge *Aphidoletes aphidimyza* imago emergence from cocoons. A stimulating effect was noted for 50.00 GHz, which was more pronounced in the offspring of irradiated individuals. A hypothesis about the epigenetic nature of the inheritance of the identified effect is proposed.

Key words: mm range radiation, *Aphidoletes aphidimyza* metamorphosis, epigenetic inheritance.

Галлица афидимиза (*Aphidoletes aphidimyza* Rond.; *Cecidomyiidae*; *Diptera*) активно используется для подавления численности насекомых-вредителей культурных растений. Автором было исследовано влияние крайне высокочастотного (КВЧ) излучения на динамику отрождения *Aphidoletes aphidimyza* из коконов в целях определения оптимальной стимулирующей частоты излучения. Скорость метаморфоза определялась по продолжительности периода куколки у особей, подвергшихся обработке ЭМИ и у потомков этих особей. Источник КВЧ-излучения - генератор Г4-141.

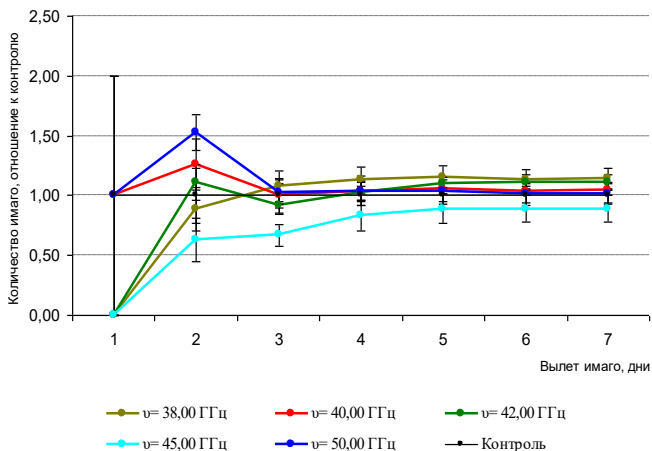


Рисунок 1 - Динамика отрождения *Aphidoletes aphidimyza* из коконов, обработанных КВЧ-излучением в зависимости от частоты излучения

Показатель динамики отрождения имаго из обработанных КВЧ ЭМИ коконов продемонстрировал лишь тенденцию к достоверности ($P < 0,1$) на второй день вылета для $v = 50,00$ ГГц (рис. 1).

Однако в поколении потомков особей, обработанных КВЧ ЭМИ ($v = 50$ ГГц) количество имаго, отродившегося на 2 день, превысило контрольные значения в 3,8 раза ($P < 0,05$) (рис.2). Данный эффект сохранялся до 5 дня вылета включительно, превышая ($P < 0,05$) по дням контрольные значения не менее, чем на 38%. Данный эффект проявил хорошую воспроизводимость.

Поскольку индуцированный физический мутагенез имеет ненаправленный характер, то в качестве рабочей гипотезы можно предположить, что в основе указанного эффекта могут лежать эпигенетические изменения, вызванные КВЧ излучением у родительских особей, подвергшихся воздействию ЭМИ на стадии куколки.

Эпигенетическое наследование не связано с изменениями последовательности нуклеотидов. Такие изменения могут оставаться видимыми в течение нескольких клеточных поколений или даже нескольких поколений организмов [1, Р 71].

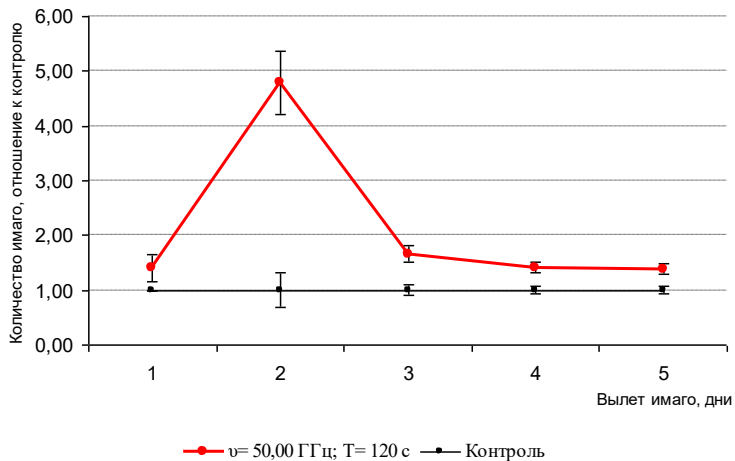


Рисунок 2 - Динамика отрождения *Aphidoletes aphidimyza* из 2-х суточных коконов потомков особей, обработанных КВЧ ЭМИ на стадии куколки

В эукариотических клетках существуют несколько основных сигнальных путей, которые используются в ответ на изменение внешних и внутренних сигналов. Передача сигнала приводит к тому, что программы транскрипции стабилизируются и наследуются даже в отсутствии исходного сигнала за счёт изменения в структуре хроматина [1, Р 119-120]. Сигналы окружающей среды могут быть различной природы, в т. ч. электромагнитными полями и излучениями.

Эпигенетические механизмы наследования изменений у галлицы-афидимизы не изучены. В то же время молекулярные эпигенетические механизмы у насекомых-модельных организмов *Drosophila* описаны довольно подробно [1, 2, 3].

В частности установлено, что основные эффекторы, которые могут трансдуцировать сигналы на хроматиновую матрицу и обеспечивать клеточную память – члены групп генов Polycomb (PcG) и Trithorax (TrxG) [1, Р 105].

PcG и TrxG – ключевые регуляторы пролиферации клеток и клеточных качественных особенностей у многоклеточных эукариот. Кроме того, эти группы генов участвуют в некоторых сигнальных каскадах, которые отвечают на митогены и морфогены [1, P 105].

Группы белков PcG и TrxG функционируют по большей части антагонистически [1, P 106]:

- белки семейства PcG устанавливают состояние сайленсинга хроматина;
- белки семейства TrxG в основном поддерживают генную активность.

Около 20 PcG генов и, по крайней мере, 15 самостоятельных TrxG генов идентифицированы у *Drosophila*.

Одна из моделей механизмов биологического действия мм излучения, выглядит следующим образом [4, С.125-126]:

- В клеточных мембранах могут возбуждаться автоколебания мембранных структур без внешнего воздействия — это естественное состояние клеток;
- Внешнее КВЧ ЭМИ синхронизирует эти автоколебания;
- Это приводит к возникновению внутренних информационных сигналов, имеющих регуляторное значение.

Суммируя всё выше сказанное, можно предположить, что подобные сигналы способны запустить в том числе и механизмы эпигенетического наследования.

Выводы

1. Обработка КВЧ ЭМИ частотой 50,00 ГГц (T=120 с) коконов галлицы-афидимизы активизирует динамику вылета имаго из куколок. Данный эффект в значительно большей степени проявляется в потомстве облучённых родителей.
2. Проявление указанного стимулирующего эффекта у потомков облучённых особей может быть обусловлено механизмами эпигенетического наследования

Список литературы:

1. Allis, C.D. Overview and concepts / C.D. Allis, M.-L. Caparros, T. Jenuwein, M. Lachner, D. Reinberg //Epigenetics. – NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2015. – P 47-115
2. Elgin, S.C.R. Position-effect variegation, heterochromatin formation, and gene silencing in *Drosophila* / Ibid. – P 386-415

3. Lucchesi, J.C. Dosage compensation in Drosophila / J.C. Lucchesi, M.I. Kuroda //Ibid. - P 701-720
4. Тамбиев, А.Х. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы / А.Х. Тамбиев, Н.Н. Кирикова, О.В. Бецкий, Ю.В. Гуляев. – М.: Радиотехника, 2003. – 175 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ
УДК 615.036.8

Анализ бактериальной резистентности к противомикробной терапии в условиях Калужской области

**Е.Р. Адамовская, Э.А. Анисков, В.А. Пименова, Н.В. Симонова,
А.Ю. Улитина, Е.А. Чернявская**

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье представлен ретроспективный анализ микробиологических данных за период 2019–2024 гг., посвященный динамике антимикробной резистентности ключевых бактериальных патогенов отделений реанимации и интенсивной терапии ГБУЗ КО «Калужская областная клиническая больница». Анализ указывает на необходимость глобальной координации усилий по контролю за антибиотикорезистентностью, включая оптимизацию клинических рекомендаций, переход от эмпирической терапии к этиотропной и инвестиции в инновационные терапевтические стратегии.

Ключевые слова: антимикробная резистентность, полирезистентные штаммы, динамика 2019-2024 гг., контроль за антибиотикорезистентностью, бактерии группы ESKAPE.

Analysis of bacterial resistance to antimicrobial therapy in the conditions of the Kaluga region

**E.R. Adamovskaya, E.A. Aniskov, V.A. Pimenova, N.V. Simonova,
A.Yu. Ulitina, E.A. Chernyavskaya**

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article presents a retrospective analysis of microbiological data from 2019 to 2024, focusing on the dynamics of antimicrobial resistance in key bacterial pathogens in the intensive care units of the GKBUS KO "Kaluga Regional Clinical

Hospital". The article emphasizes the need for global coordination of efforts to control antibiotic resistance, including optimization of clinical guidelines, transition from empirical therapy to etiotropic therapy, and investment in innovative therapeutic strategies.

Keywords: anti-microbial resistance, polyresistant strains, dynamics 2019-2024, control of antibiotic resistance, bacteria of the ESKAPE group.

В последние десятилетия проблемы, связанные с увеличением антибиотикорезистентности микроорганизмов, приобрели глобальный характер и стали одной из наиболее серьезных угроз для здравоохранения во всем мире. По результатам системного анализа ВОЗ, опубликованного в 2022 году, в 2019 году в мире по разным оценкам от 3,62 до 6,57 миллионов летальных случаев были ассоциированы с бактериальными инфекциями, вызванными проблемными резистентными штаммами возбудителей. Согласно оценкам международных экспертов, АМР приводит к значительным потерям для национальных экономик, которые могут превысить потери от пандемий, а к 2050 году АМР станет основной причиной смертности среди всех заболеваний [1, с. 9; 2, с. 23].

В условиях ОРИТ, где концентрируются пациенты с критическими состояниями, полиорганной недостаточностью и инвазивными медицинскими вмешательствами, формируются уникальные эпидемиологические риски. Нозокомиальные штаммы микроорганизмов в ОРИТ традиционно характеризуются множественной устойчивостью к антибактериальным препаратам, что затрудняет выбор адекватного режима терапии [3, с. 4; 4, с. 17]. Это приводит к росту летальности, удлинению сроков госпитализации и существенному увеличению финансовой нагрузки на систему здравоохранения. При этом существующие протоколы эмпирической антибиотикотерапии зачастую не учитывают динамику локальных антибиотикограмм.

На базе ОРИТ ГБУЗ КО «Калужская областная клиническая больница» проведено ретроспективное исследование, включающее анализ чувствительности к антибиотикам всех изолятов возбудителей группы ESKAPE в период с 2019 по 2024 гг. Для идентификации микробов и определения чувствительности использованы автоматизированные системы и диско-диффузионный метод.

Анализ динамики распределения бактериальных штаммов за шестилетний период продемонстрировал колебания в структуре микробной

флоры, выявляемой при микробиологических исследованиях: наиболее часто выявляемым патогеном являлась *Klebsiella pneumoniae*, доля которой варьировала от 12,9% (2020 г.) до 14,8% (2024 г.), подтверждая статус ключевого нозокомиального агента; удельный вес *Staphylococcus aureus* демонстрировал умеренные колебания от 7,0% (2021 г.) до 10,0% (2024 г.); рост доли *Escherichia coli* (с 4,9% в 2019 г. до 7,8% в 2023 г.), вероятно, связан с увеличением внелегочных источников инфекции (мочевыводящие пути, желудочно-кишечный тракт и др.).

Значительная вариабельность наблюдалась среди *Enterobacter* spp.: доля резко возросла с 2,1% (2020 г.) до 11,5% (2022–2023 гг.) с последующим снижением к 2024 г. до 1,4%, что отражает эффективность противоэпидемических мер. Подобная положительная динамика зарегистрирована и в отношении *Acinetobacter baumannii*, которая свидетельствует о снижении удельного веса возбудителя с 9,2% (2022 г.) до 6,6% (2024 г.). *Pseudomonas aeruginosa* и *Enterococcus faecium* сохраняли относительно низкую встречаемость, при этом доля первого снизилась с 5,3% (2021 г.) до 2,7% (2024 г.), а второго оставалась стабильной ($\leq 3,8\%$).

Изучение динамики полирезистентных штаммов выявил выраженные колебания в структуре основных возбудителей: *Acinetobacter baumannii* продемонстрировал пик выделения в 2021–2022 гг. (по 31 изоляту), к 2024 г. число случаев сократилось до 5, что может быть связано с оптимизацией дезинфекционных протоколов; динамика полирезистентности *Klebsiella pneumoniae* характеризовалась всплеском до 26 случаев в 2020–2021 гг., спадом до 4 в 2022 г., последующим ростом до 16 в 2023 г. и снижением до 6 в 2024 г., что отражает циклический характер внутрибольничной передачи. В свою очередь, *Pseudomonas aeruginosa* позволила констатировать экстремальные колебания от 10 случаев (2020 г.) до 23 (2023 г.) и полного отсутствия в 2024 г., что требует углубленного изучения факторов, влияющих на эпидемиологическую нестабильность.

Анализ резистентности возбудителей к противомикробной терапии позволил установить высокую устойчивость *Klebsiella pneumoniae* к β -лактамам: резистентность к карбапенемам достигла пика в 2019 г. (60,1%), сохранившись на уровне 53,5% к 2024 г., что вероятно связано с циркуляцией карбапенемаз-продуцирующих штаммов (NDM, OXA-48); несмотря на снижение резистентности к цефалоспорином III поколения с 92,6% (2021 г.) до 74,3% (2024 г.), их клиническая эффективность остается ограниченной. Отмечено снижение устойчивости *Klebsiella pneumoniae* к аминогликозидам

(с 58,1% до 40,1%) и фосфомицину (с 59,6% до 17,2%), что стало результатом оптимизации назначений. Частичное восстановление чувствительности к тетрациклинам (25% в 2024 г.) после значительных колебаний (6,7–46,2%) открывает перспективы для их включения в комбинированные схемы терапии, однако вариабельность показателей диктует необходимость строгого мониторинга. Высокая устойчивость к комбинациям пенициллинов с ингибиторами β-лактамаз (84,3% в 2021 г., 69,5% в 2024 г.) подтверждает сохраняющуюся угрозу со стороны ESBL-продуцирующих штаммов. Отдельного внимания заслуживают резкие колебания резистентности *Klebsiella pneumoniae* к синтетическим противомикробным средствам: к фторхинолонам – 76,6% в 2019 г., 88,4% в 2021 г., 61,8% в 2023 г., 79,3% в 2024 г., что связано, по-видимому, с нерациональным использованием препаратов и горизонтальным переносом генов устойчивости; к нитрофуранам – 100% в 2021 г., 66,7% в 2024 г., что требует пересмотра протоколов их назначения, особенно в стационарах.

Для *Acinetobacter baumannii* характерен необратимый рост резистентности к ключевым противомикробным средствам: устойчивость к карбапенемам достигла 91% (2024 г.), к фторхинолонам – 93,3%, что исключает их из терапевтических схем; полная резистентность к полусинтетическим пенициллинам (100% с 2020 г.) и сульфаниламидам (84,9–91,1%) требует пересмотра клинических протоколов; волнообразная динамика устойчивости к цефалоспорином III–IV поколений (снижение до 33,3% и 50% в 2021 г. с последующим ростом до 88,4% и 84,1% к 2024 г.) подтверждает роль селективного давления.

У *Staphylococcus aureus* зафиксирован значительный рост резистентности к фторхинолонам (с 0% в 2019 г. до 54,5% в 2024 г.), макролидам (до 22,5%) и тетрациклинам (до 21,4%); при этом оксазолидоны сохранили 100% эффективность, а резистентность к гликопептидам оставалась нулевой, подчеркивая их ценность как резервных препаратов.

Динамика резистентности *Pseudomonas aeruginosa* демонстрирует весьма противоречивый характер: снижение устойчивости к карбапенемам с 81,3% в 2021 г. до 53,6% в 2024 г. и аминогликозидам (с 64,7% до 40,3% соответственно) контрастирует с высокой устойчивостью к цефалоспорином III–IV поколений (69,8–87%) и фторхинолонам (47,1%); при этом полная резистентность к сульфаниламидам (100%) исключает их применение; монобактамы сохраняют эффективность ($\leq 5,7\%$).

У *Escherichia coli* выявлен рост устойчивости к цефалоспорином III поколения (с 35,1% до 66,2%) и фторхинолонам (48,1–62,1%), однако снижение резистентности к карбапенемам (с 16% в 2022 г. до 4,8% в 2024 г.) подтверждает успех антимикробного менеджмента; появление резистентности к фосфомицину (4,5% в 2022 г.) требует контроля, учитывая его роль как препарата резерва.

Для *Enterobacter* spp. характерны парадоксальные изменения: снижение резистентности к карбапенемам до 0% (2023–2024 гг.) при 100% устойчивости к цефалоспорином III–IV поколений; волнообразные показатели устойчивости к аминогликозидам (пик 50% в 2021 г., 0% в 2024 г.) и фторхинолонам (70% в 2023 г., 50% в 2024 г.) подчеркивают необходимость мониторинга.

Полученные данные свидетельствуют о критической зависимости эпидемиологической ситуации от микробного давления: рост резистентности возбудителей к β -лактамам и фторхинолонам, особенно у *Acinetobacter baumannii* и *Klebsiella pneumoniae*, требует перехода к персонализированной терапии на основе быстрой молекулярной диагностики (ПЦР для *blaNDM*, *blaOXA-48*). Снижение устойчивости к аминогликозидам и фосфомицину подтверждает эффективность ротации антибиотиков, однако риск рецидивов резистентности остается достаточно высоким. Важнейшим направлением является разработка ингибиторов β -лактамаз нового поколения и внедрение альтернативных методов (фаговая терапия, антимикробные пептиды). Результаты исследования подчеркивают необходимость глобальной координации усилий по контролю за противомикробной резистентностью, включая оптимизацию клинических рекомендаций и инвестиции в инновационные терапевтические стратегии.

Список литературы:

1. Елисева, Е.В. Эпидемиологическая и микробиологическая характеристика нозокомиальной инфекций у пациентов хирургического профиля в отделениях реанимации и интенсивной терапии / Е.В. Елисева, Е.А. Бандурова // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012. - №3 (49). – С. 8-12.
2. Симонова, Н.В. Настои лекарственных растений и окислительный стресс в условиях ультрафиолетового облучения / Н.В. Симонова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. - № 8. – С. 23-26.
3. Солодовников, В.В. Современное состояние проблемы и значение службы клинической фармакологии в оптимизации использования

антибактериальных лекарственных средств / В.В. Солодовников, Ю.И. Гайнулина, Е.В. Елисеева, В.Я. Кривелевич // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2008. - №9. – С. 3-7.

4. Яковлев, С.В. Стратегия и тактика рационального применения antimicrobных средств в амбулаторной практике. Евразийские клинические рекомендации. 2016 год / С.В. Яковлев, Е.В. Елисеева, М.П. Суворова, И.А. Дронов, С.В. Сидоренко [и др.] // Педиатрия. Приложение к журналу Consillium Medicum. – 2017. - №1. – С. 17-25.

УДК 159.95

Оценка когнитивного и нейрофизиологического статуса у курящих и некурящих студентов медицинского института

**Т.Е. Алешина, В.П. Алиева, Е.Е. Максименко, В. Миркамиров,
Н.В. Симонова**

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье представлены результаты исследования влияния курения на когнитивный статус и функциональную активность головного мозга у студентов медицинского вуза. Установлено статистически значимое снижение мнестических функций и концентрации внимания у курящих студентов, несмотря на сопоставимую с некурящими вработываемость в задания. Проведение электроэнцефалографии показало наличие легких изменений электрической активности мозга у курящих, включая сокращение индекса и мощности альфа-ритма и преобладание бета-активности. Результаты подчеркивают негативное влияние курения на когнитивные функции и электрическую активность головного мозга, что требует дальнейших исследований для подтверждения статистической значимости полученных данных.

Ключевые слова: никотин, зависимость и влияние на здоровье, когнитивные функции, долгосрочные последствия, активность мозга.

Assessment of cognitive and neurophysiological status in smoking and non-smoking students of the medical institute

**T.E. Aleshina, V.P. Alieva, E.E. Maksimenko, V. Mikamirov,
N.V. Simonova**

The article presents the results of a study of the effect of smoking on the cognitive status and functional activity of the brain in medical university students. At the second stage of the study, a statistically significant decrease in mnemonic functions and concentration of attention was revealed in smoking students, despite comparable performance in tasks with non-smokers. The third stage, conducted using electroencephalography, showed slight changes in the electrical activity of the brain in smokers, including a decrease in the alpha rhythm index and power and a predominance of beta activity. The results highlight the negative impact of smoking on cognitive functions and electrical activity of the brain, which requires further research to confirm the statistical significance of the data obtained.

Keywords: nicotine, addiction and health effects, cognitive functions, long-term effects, brain activity.

Быстрое распространение среди молодежи электронных систем доставки никотина (ЭСДН), наряду с обычными сигаретами, обозначило на сегодняшний день одну из актуальных проблем в медицине, связанную с отрицательным влиянием на органы дыхания как никотина, так и различных добавок в вейпы. Производители вейпов пропагандируют их как безопасную замену обычным сигаретам. Однако, в вейпах в состав жидкости для парения входят более 30 канцерогенных веществ, включая глицерин, пропиленгликоль, ароматические добавки, концентрация которых значительно увеличивается при нагревании аккумулятора устройства. Также термическое разложение пропиленгликоля и глицерина, содержащихся в составе жидкости для заправки устройства, приводит к образованию акролеина и формальдегида, которые обладают токсичными свойствами. Ароматизаторы, содержащиеся в жидкости для курения, способны вызвать аллергические заболевания верхних дыхательных путей вплоть до развития бронхиальной астмы. В свою очередь, никотин в составе вейпов и обычных сигарет вызывает зависимость и может привести к развитию патологических состояний, связанных с активацией процессов перекисного окисления липидов биомембран, и онкологических заболеваний [1, с. 21; 2, с. 24].

Доклинические исследования на лабораторных животных, проведенные в 2020 году и опубликованные в «Журнале Американской

кардиологической ассоциации», показали, что ингаляции пара с никотином и без него, а также табачного дыма приводят к дыхательной недостаточности и появлению хрипов у крыс в 75% случаев, при этом животные становились вялыми, в 15% случаев наблюдалась гибель крыс. В контрольной группе животных, получавших ингаляции воздуха без примесей, ни у одного животного не регистрировалось патологических изменений со стороны органов дыхания. Клиническими исследованиями с участием более 2-х тысяч молодых мужчин и женщин показано, что длительное употребление электронных сигарет приводит к появлению таких симптомов как одышка, дискомфорт в груди, кашель, лихорадка и усталость. При этом рентгенографически зарегистрированы двусторонние легочные инфильтраты, подтверждены пневмонит, бронхиолит и альвеолярные повреждения. Кроме того, учеными доказано, что вейпинг способствует повышению артериального давления и повышает риск развития инфаркта миокарда и инсульта.

В связи с вышесказанным, особый интерес представило исследование курительного статуса и оценка параметров когнитивного и нейрофизиологического статуса у курящих и некурящих студентов медицинского института.

Исследование проходило в три этапа. На первом этапе с помощью анкетирования анализировали курительный статус и отношение к курению будущих врачей – студентов второго курса медицинского института Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского. На втором этапе проводили сравнительную оценку когнитивного статуса у курящих и некурящих студентов медицинского института. На третьем этапе регистрировали ЭЭГ у курящих и некурящих студентов с целью оценки влияния курения на функциональную активность головного мозга.

На первом этапе в исследовании принимали участие 96 человек (69,8% – женщины, 30,2% – мужчины), средний возраст – 20,9 [18,2; 42,1] лет. Исследование – анонимное, инструментом исследования явилась анкета, включающая вопросы, составленные в соответствии с этическими принципами, и разрешенная к использованию локальным этическим комитетом. Вопросы, раскрывающие социальный статус студента, были включены в первую часть анкеты, курительный статус – во вторую часть, в третью – отношение к курению, в том числе собственная позиция в отношении курения медицинских работников.

Результаты исследования первого этапа показали, что на момент исследования курило и использовало ЭСДН 34,4% студентов второго курса, при этом среди всех участников исследования 62,5% человек пробовали курить и 37,5% - никогда не курили и не использовали ЭСДН. Необходимо отметить, что 52,1% опрошенных указали на наличие одного или нескольких курящих членов семьи, 76,0% респондентов отметили наличие курящих друзей, 77,0% - курящих лиц, входящих в близкое окружение. Большинство студентов в период анкетирования составили неработающую группу (72,9%); при этом среди обучающихся, имеющих постоянную или временную работу (27,1%), более половины (62,0%) вошли в категорию курящих лиц. Установить статистически значимые различия между группами курящих и некурящих респондентов в зависимости от условий проживания (общежитие, квартира, частный дом) или от места постоянной регистрации (калужане или иногородние) не удалось. В группе курящих студентов в большей степени использовались ЭСДН (электронные сигареты 41,8%, вейп – 22,6%), традиционные сигареты курили 35,6% участников исследования, при этом на стаж курения менее года указало 9,7% опрошенных, по 32,3% респондентов вошли в группы со стажем курения 1-2 и 2-3 года, 16,1% человек курили в течение 3-5 лет и 9,6% - более 5 лет. Важно отметить, что преобладающее число курящих (64,5%) впервые попробовали сигареты в возрасте 14-18 лет, на более раннее «знакомство» с никотином указали лишь 6,5% опрошенных, 29,0% курящих студентов выкурили первую сигарету после 18 лет. Основной причиной, побудившей взять сигарету, 38,7% респондентов назвали любопытство, 25,8% - желание расслабиться, 9,7% - желание выглядеть взрослее, 6,5% студентов указали на семейный аспект курения (курение в семье принято за норму), на другие причины сослались 19,3% опрошенных. Среди курящих второкурсников выкуривают 1-2 сигареты в день 64,5%, до 10 сигарет – 29,0%, пачку и более – 6,5% студентов. При этом попытку бросить курить предпринимали 61,3% опрошенных, не имеют желания бросить курить 38,7%, однако все 100% курильщиков на вопрос: «Знаете ли Вы о вреде курения?», ответили утвердительно: «Да!». Важно отметить, что наибольший удельный вес курящих студентов обнаружен в группе с успеваемостью 3,0 – 3,5 балла (66,9%), наименьшее значение параметра установлено в группах с хорошей и отличной успеваемостью (33,1%). На вопросы, раскрывающие отношение к курению родственников, друзей и окружения «Мне всё равно» ответили 27,1%, 44,8% и 46,9% второкурсников соответственно, абсолютно нормально к курению окружающих близких лиц

относятся 31,9%, 26,0% и 24,0% респондентов соответственно, и лишь 19-20% будущих врачей отрицательно относятся к курению среди людей, входящих в близкий круг общения. Считают, что студент-медик/врач может курить 14,6% опрошенных, студент-медик/врач не может курить – 15,6%, ответом «Курение – личное дело каждого» завершили опрос 69,8% студентов второго курса, обучающихся по специальности Лечебное дело.

Сравнительная оценка полученных результатов (34,4% курящих студентов второго курса) с показателями курения по России показала превышение среднероссийского показателя (33,0% населения, ВЦИОМ, 2023) и показателя, полученного при аналогичном исследовании в Первом МГМУ им. И.М. Сеченова (18,0% курящих студентов). Сравнивая наших студентов КГУ со студентами Сеченовского университета, нужно отметить, что почти все студенты-сеченовцы имеют активную позицию: врачи и студенты-медики не должны курить, поскольку обязаны являться образцом для подражания и нести личную ответственность за позитивное решение проблемы курения в обществе. Подобная позиция должна быть ориентиром и для наших будущих врачей – студентов КГУ, которые пока нейтрально заключили, что курение – это личное дело каждого, в связи с чем научно-исследовательская работа в данном направлении будет продолжена.

На втором этапе настоящего исследования проводили изучение параметров когнитивного статуса у курящих и некурящих студентов второго курса. В исследовании участвовало 72 добровольца, рандомизированных на две группы. В первую группу студентов (n=40) вошли некурящие студенты, во вторую группу (n=32) – курящие. Для оценки когнитивного статуса использовали методики «10 слов» и «таблицы Шульте». Тест «10 слов» представляет пробу на запоминание 10 односложных слов, не имеющих между собой ассоциативных связей: слова предъявляются 5 раз и фиксируются после каждого предъявления [3, с. 177]. Объем кратковременной памяти (КП) оценивается по количеству правильно воспроизведенных слов после первого предъявления, объем долговременной памяти (ДП) – на основании сохранившихся в памяти слов через 40-60 минут. Для оценки объема памяти использовали правило Миллера: объем в норме соответствует числу 7 ± 2 [4, с. 164]. Исследование концентрации внимания проводили по методике Шульте с использованием 5-ти таблиц Шульте, в которых добровольцу необходимо было найти числа от 1 до 25 по порядку, при этом учитывались правильность и последовательность в обозначении

цифр и время просчитывания каждой таблицы (в секундах). На основании полученных результатов оценивали параметры: эффективность работы, степень вработываемости, психическая устойчивость [5, с. 176].

Результаты проведенного исследования с использованием теста «10 слов» позволили установить отсутствие статистически значимых различий между группами при первом воспроизведении десяти односложных слов, что указывает на практически идентичный объем кратковременной памяти у курящих и некурящих добровольцев (табл. 1).

Таблица 1 - Результаты оценки когнитивного статуса у некурящих и курящих студентов второго курса медицинского института, Ме [Q₁;Q₃]

Показатели	Некурящие студенты, n=40	Курящие студенты, n=32	Значимость различий между группами
Тест «10 слов», количество воспроизведенных слов			
1-е воспроизведение (КП)	6,0 [6,0; 7,0]	6,0 [5,5; 7,0]	p _{1,2} = 0,322548
2-е воспроизведение	9,0 [8,0; 9,5]	8,0 [6,0; 8,5] *	p_{1,2} = 0,004264
3-е воспроизведение	10,0 [9,0; 10,0]	9,0 [7,5; 9,5] *	p_{1,2} = 0,011225
4-е воспроизведение	10,0 [9,5; 10,0]	9,0 [7,0; 9,5] *	p_{1,2} = 0,031582
5-е воспроизведение	10,0 [10,0; 10,0]	8,0 [7,0; 9,0] *	p_{1,2} = 0,016944
6-е воспроизведение (ДП)	9,0 [8,0; 10,0]	6,0 [5,0; 8,0] *	p_{1,2} = 0,000682
Таблицы Шульте, секунды			
Шульте 1	34,0 [27,5; 40,5]	38,0 [32,0; 43,0]	p _{1,2} = 0,082354
Шульте 2	32,0 [25,5; 36,0]	37,0 [29,0; 43,0]	p _{1,2} = 0,156720
Шульте 3	31,5 [28,0; 36,5]	38,0 [31,0; 43,0]	p _{1,2} = 0,087295
Шульте 4	31,5 [27,5; 38,0]	39,0 [33,0; 44,0]	p _{1,2} = 0,142792

Шульте 5	33,5 [26,0; 40,0]	48,0 [42,0; 51,0] *	p_{1,2} = 0,000595
----------	-------------------	------------------------	-----------------------------------

Примечание. * - различия между группами статистически значимы ($p < 0,05$, по критерию Манна-Уитни); КП – кратковременная память, ДП – долговременная память.

При этом, начиная со второго предъявления 10-ти слов испытуемым, регистрируются статистически значимые изменения при втором – пятом воспроизведении, свидетельствующие о снижении параметра у курящих студентов на 10-20%. Количество слов, воспроизводимых испытуемыми через 40-60 минут (6-е воспроизведение), у курящих студентов было достоверно ниже на 34%, чем у некурящих ($p < 0,05$), что позволяет заключить снижение объема долговременной памяти у курящих студентов. Оценка объема внимания, его устойчивости, психического темпа с помощью таблиц Шульте свидетельствовала (табл. 1), что и в первой, и во второй группах студентов показатель времени выполнения задания находился в диапазоне нормы. В обеих группах был зарегистрирован 1^й уровень объема внимания, отражающий достаточные устойчивость произвольного внимания и темп психической деятельности. Однако необходимо указать на наличие статистически значимых различий между группами при работе над пятой таблицей: время, затрачиваемое курящими добровольцами на просчитывание последней таблицы на 43% превышало аналогичный показатель у некурящих студентов ($p < 0,05$), что отразилось на всех определяемых параметрах – эффективность работы в группе курящих студентов была ниже на 24% относительно некурящих, психическая устойчивость – на 18%. При этом расчет степени вработываемости позволил установить более высокое значение параметра у курящих испытуемых ($CB=0,96$) в сравнении с некурящими ($CB=1,04$).

Таким образом, результаты второго этапа исследования свидетельствуют о статистически значимых изменениях когнитивного статуса у курящих студентов: при достаточно быстрой вработываемости в задание, сопоставимой по значениям с некурящими добровольцами, наблюдается достаточная истощаемость внимания на фоне статистически значимого снижения мнестических функций у курящих, что подтверждается уменьшением объема долговременной памяти, концентрации внимания, эффективности работы и психической устойчивости.

На третьем этапе нашего исследования оценивались изменения функциональной активности головного мозга у курящих и некурящих студентов с помощью ЭЭГ. Запись ЭЭГ осуществляли в лаборатории физиологии и адаптации человека медицинского института на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-4» фирмы ООО «Нейрософт» (Россия): проводили регистрацию фоновой ЭЭГ и ЭЭГ в пробах с ритмической фотостимуляцией и гипервентиляцией. У испытуемых регистрировали биопотенциалы головного мозга от 19 активных электродов, расположенных на скальпе в соответствии с Международной схемой расположения электродов «10-20%» (добавить методику). Результаты исследования показали, что при отсутствии чётких региональных изменений и эпиактивности на момент обследования, у курящих студентов зарегистрированы лёгкие изменения электрической активности биопотенциалов головного мозга диффузного характера, проявляющиеся в некотором сокращении индекса и мощности альфа-ритма, преобладании индекса и мощности колебаний бета-частотного диапазона диффузного характера. В трех наблюдениях регистрировалось усиление паттерна бета-активности. В двух наблюдениях регистрировалась непостоянная межполушарная асимметрия альфа-ритма, со снижением его амплитуды в левом полушарии. При ритмической фотостимуляции в трех наблюдениях отмечалась депрессия-альфа ритма с последующим восстановлением. Интересны результаты проведенной пробы с гипервентиляцией: в 30% наблюдений отмечалось незначительное увеличение общего амплитудного уровня с увеличением мощности альфа-активности (21%) и тета-активности (9%). Для подтверждения статистической значимости выявленных изменений необходимость в проведении дальнейших исследований с целью увеличения числа испытуемых добровольцев бесспорна.

В целом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о негативном влиянии курения на когнитивный статус студентов-медиков и обозначили тенденцию к возможности формирования изменений электрической активности биопотенциалов головного мозга у курящих, что требует продолжения исследований в данном направлении.

Список литературы:

1. Доровских, В.А. Ремаксол в коррекции процессов перекисного окисления липидов биомембран, индуцированных холодным воздействием / В.А.

Доровских, О.Н. Ли, Н.В. Симонова, М.А. Штарберг, Т.А. Бугреева // Якутский медицинский журнал. – 2015. - № 4 (52). – С. 21-24.

2. Симонова, Н.В. Настои лекарственных растений и окислительный стресс в условиях ультрафиолетового облучения / Н.В. Симонова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. - № 8. – С. 23-26.

3. Гуляева, А.С. Оценка мнестических функций у студентов-медиков в течение учебного дня / А.С. Гуляева, Н.В. Симонова, А.Н. Романова, Т.Е. Алёшина, Т.А. Терещенко // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2024. – № S6 (23). – С. 177.

4. Симонова, Н.В. Влияние суточных биоритмов на когнитивный статус студентов второго курса, обучающихся по специальности Лечебное дело / Н.В. Симонова, Т.Е. Алёшина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Социология. Педагогика. Психология. – 2024. – Т. 10 (76), № 3. – С. 163-169.

5. Терещенко, Т.А. Особенности концентрации внимания у студентов второго курса в течение учебного дня / Т.А. Терещенко, Н.В. Симонова, Т.Е. Алёшина, А.С. Гуляева // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2024. – № S6 (23). – С. 176.

УДК 615.036.8

Проблема антибиотикорезистентности в условиях реальной клинической практики

В.И. Майданская, Г.С. Муравьева, Н.В. Симонова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В данной статье рассматривается проблема антибиотикорезистентности в современном мире. Антибиотикорезистентность нозокомиальных (госпитальных) штаммов представляет собой одну из наиболее серьезных угроз современной медицины. Устойчивость бактерий к антимикробным препаратам значительно осложняет лечение внутрибольничных инфекций, увеличивает сроки госпитализации, стоимость терапии и уровень летальности. Особую опасность представляют полирезистентные (MDR) и экстремально

резистентные (XDR) штаммы, такие как *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*, которые демонстрируют устойчивость к большинству доступных антибиотиков, включая карбапенемы – препараты последней линии защиты. Цель данной работы: демонстрация клинического случая нозокомиальной пневмонии, вызванной полирезистентными бактериями.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, бактерии, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Clinical substantiation of a personalized approach to empirical antibiotic therapy

V. I. Maidanskaya, G.S. Muravyeva, N.V. Simonova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

This article examines the problem of antibiotic resistance in the modern world. The antibiotic resistance of nosocomial (hospital-acquired) strains is one of the most serious threats to modern medicine. Bacterial resistance to antimicrobials significantly complicates the treatment of nosocomial infections, increases the length of hospitalization, the cost of therapy, and the mortality rate. Of particular concern are multiresistant (MDR) and extremely resistant (XDR) strains such as *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa*, which demonstrate resistance to most available antibiotics, including carbapenems, the last line of defense. The purpose of this work is to study a case of nosocomial pneumonia caused by polyresistant bacteria in the intensive care unit.

Keywords: antibiotic resistance, bacterial resistance, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*

Формированию антибиотикорезистентности и особенно множественной лекарственной устойчивости возбудителей способствует интенсивное использование препаратов широкого спектра действия, в том числе, с учетом эмпирической терапии, зачастую необоснованное. Особую опасность представляют полирезистентные (MDR) и экстремально резистентные (XDR) штаммы, такие как *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*, которые демонстрируют устойчивость к большинству доступных антибиотиков, включая карбапенемы [1, с. 9; 2, с. 23].

Статистическая оценка показала, что пациенты с внутрибольничными инфекциями находятся в стационаре в 2–3 раза дольше, чем пациенты без признаков инфекции, при этом повышается стоимость лечения в 3–4 раза, риск летального исхода – в 5–7 раз [3, с. 4; 4, с. 17].

Проблему антибиотикорезистентности, существующую в настоящее время, наглядно демонстрирует представленный ниже клинический случай.

Пациент Н., 69 лет, госпитализирован в отделение интенсивной терапии с жалобами на выраженную одышку в покое, отеки нижних конечностей, общую слабость.

Из анамнеза: в течение последнего месяца отмечает увеличение одышки, отеков, 22.01.2025 бригадой скорой медицинской помощи доставлен в ГКБ N5 для обследования и лечения. По тяжести состояния госпитализирован в ОРИТ.

При поступлении: общее состояние тяжёлое с отрицательной динамикой. Сознание на уровне оглушения, 13 баллов по ШКГ. Критика к своему состоянию снижена. Контакт затруднен. Жалобы на одышку, слабость. Кожные покровы бледной окраски, сухие, теплые на ощупь. Видимые слизистые бледно-розовые. Температура тела 36,0 С. Дыхание самостоятельное, ЧДД – с нарастанием до 36 в мин. SpO₂=91% на фоне инсуффляции увлажненного кислорода 6 л/мин. Аускультативно: дыхание жёсткое по всем лёгочным полям, ослабленное в нижних отделах. Гемодинамика нестабильная, АД=88/52 мм рт.ст., назначен норэпинефрин (0,1 мкг/кг). Живот мягкий, при пальпации безболезненный, увеличен в объеме за счет асцита. Перистальтика выслушивается во всех отделах. Мочиспускание по мочевому катетеру, диурез учитывается. Моча прозрачная, соломенно-жёлтая.

С учетом отрицательной динамики, нарастания одышки, угнетения сознания, нестабильной гемодинамики, принято решение о переводе на ИВЛ.

На основании жалоб больного, анамнеза заболевания, данных осмотра был выставлен предварительный клинический диагноз:

Основной: I50.0 ИБС: Ишемическая кардиомиопатия, атеросклероз аорты, МК, АК (недостаточность АК с ТАР 2 ст). Постоянная форма фибрилляции предсердий.

Фоновое: Артериальная гипертензия 3 ст., степени.

Осложнение: ХСН 2А III ФК по NYHA.

Сопутствующий: ХОБЛ, эмфизематозный тип, вне обострения.

С 23.01 – отрицательная динамика в виде прогрессирования лейкоцитоза до $14,8 \times 10^9/\text{л}$, увеличения СРБ до 49 мг/л и СОЭ до 52 мм/ч на фоне субфебрильной температуры. Эмпирически при подозрении на нозокомиальную пневмонию с высоким риском резистентности возбудителя назначена комбинация антибиотиков цефалоспоринового ряда (цефтазидим в суточной дозе 3,0) и аминогликозидов 3 поколения (амикацин в суточной дозе 1,0). На рентгенограмме органов грудной полости: снижена пневмотизация легочных полей на всём протяжении, легочный рисунок усилен и деформирован за счет сосудистого компонента, корни не структурны, отёчные, синусы четкие, диафрагма обычно расположена, чёткая; увеличены левые отделы сердца, аорта склерозирована. Заключение: Застой в МКК. Увеличены левые отделы сердца. Атеросклероз аорты. Несмотря на неподтвержденную пневмонию, прием антибиотиков не прекратили в виду отрицательной динамики.

С 27.03, несмотря на проводимую терапию, зарегистрировано прогрессирование лейкоцитоза до $31,0 \times 10^9/\text{л}$, СРБ до 96 мг/л и СОЭ до 60 мм/ч. Произвели смену цефтазида на карбопенемовый ряд (меропенем в суточной дозе 3,0) с сохранением амикацина. Динамика оставалась отрицательной.

30.01 на основании данных бактериологического исследования мокроты и определения чувствительности возбудителя к антибиотикам произведена смена антибиотика на доксициклин.

01.02 в общем анализе мочи выявлены дрожжевые грибки, в связи с чем добавлен противогрибковый препарат флуконазол в суточной дозе 0,4. На фоне терапии доксициклином отмечена кратковременная положительная динамика: снижение количества лейкоцитов до $8,4 \times 10^9/\text{л}$.

03.02 были получены данные повторной рентгенографии: легочные поля эмфизематозны, легочный рисунок усилен и деформирован за счет интерстициального компонента, в нижней доле справа определяется инфильтрация легочной ткани средней интенсивности с нечеткими контурами, корни мало структурны, купола диафрагмы ровные, четкие, синусы свободные; левый желудочек сердца умеренно гипертрофирован, серповидные кальцификаты в дуге аорты. Заключение: правосторонняя нижнедолевая пневмония.

С 04.02 зафиксирован рецидив воспалительного процесса: лейкоцитоз до $18,0 \times 10^9/\text{л}$, СРБ до 88 мг/л, СОЭ до 54 мм/ч, на фоне повышения температуры до $37,9^\circ\text{C}$.

С 06.02 ввиду персистирующего лейкоцитоза были назначены антибактериальные препараты резерва – линезолид в суточной дозе 1,2 в комбинации с цефоперазоном в суточной дозе 4,0 без значимого улучшения.

10.02 получены свежие результаты нового бактериологического исследования мокроты: выявлен микст штаммов – панрезистентная клебсиелла (*Klebsiella pneumoniae*), панрезистентная синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*), полирезистентный эпидермальный стафилококк (*Staphylococcus epidermidis*) с чувствительностью только к ванкомицину, полирезистентный протей мирабилис (*Proteus mirabilis*) с чувствительностью только к группе карбопенемов. Ввиду ограниченного спектра возможных для применения антибактериальных препаратов и наличия панрезистентности выделенной микрофлоры в курс антимикробной терапии внесены меропенем в суточной дозе 3,0 и полимиксин В в суточной дозе 0,2.

17.02 смерть пациента вследствие осложнений на фоне сопутствующего заболевания.

Представленный случай иллюстрирует сложности лечения нозокомиальной пневмонии, ассоциированной с полирезистентными грамотрицательными и грамположительными патогенами. Неэффективность эмпирической и ступенчатой антибиотикотерапии указывает на необходимость раннего применения методов идентификации возбудителей и оценки их антибиотикорезистентности. Выявление панрезистентных штаммов диктует потребность в использовании препаратов резерва и персонализированного подхода в лечении.

Список литературы:

1. Елисева, Е.В. Эпидемиологическая и микробиологическая характеристика нозокомиальной инфекций у пациентов хирургического профиля в отделениях реанимации и интенсивной терапии / Е.В. Елисева, Е.А. Бандурова // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012. - №3 (49). – С. 8-12.
2. Симонова, Н.В. Настои лекарственных растений и окислительный стресс в условиях ультрафиолетового облучения / Н.В. Симонова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. - № 8. – С. 23-26.
3. Солодовников, В.В. Современное состояние проблемы и значение службы клинической фармакологии в оптимизации использования антибактериальных лекарственных средств / В.В. Солодовников, Ю.И.

Гайнулина, Е.В. Елисеева, В.Я. Кривелевич // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2008. - №9. – С. 3-7.

4. Яковлев, С.В. Стратегия и тактика рационального применения антимикробных средств в амбулаторной практике. Евразийские клинические рекомендации. 2016 год / С.В. Яковлев, Е.В. Елисеева, М.П. Суворова, И.А. Дронов, С.В. Сидоренко [и др.] // Педиатрия. Приложение к журналу Consillium Medicum. – 2017. - №1. – С. 17-25.

ХИМИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

УДК 543.3

Особенности сезонной динамики показателей качества воды Яченского водохранилища на примере: растворенного кислорода, БПК₅, рН и жёсткости

А.О. Бычкова, Р.А. Гаранин

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В материалах статьи анализируются химические показатели: растворённый кислород, БПК₅, рН и жёсткость. На основе анализа данных выявлена динамика показателей в зависимости от сезона. При этом в некоторых случаях наблюдается превышение предельных допустимых концентраций.

Ключевые слова: растворённый кислород, БПК₅, рН, жёсткость, поверхностные воды.

Features of seasonal dynamics of water quality indicators of the Yachenskoye reservoir on the example of dissolved oxygen, BOD₅, pH and hardness

A.O. Bychkova, R.A. Garanin

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The materials of the article analyze chemical parameters: dissolved oxygen, BOD₅, pH and hardness. Based on the data analysis, the dynamics of indicators depending on the season was found. However, in some cases, the maximum permissible concentrations are exceeded.

Keywords: dissolved oxygen, BOD₅, pH, hardness, surface waters.

С каждым годом население нашей планеты продолжает увеличиваться. Данный фактор влечёт увеличение потребности в пресной воде. В настоящее время пресноводные водоёмы Российской Федерации являются стратегическим важным объектами. Стратегическая важность обусловлена их всесторонним использованием для различных нужд. Пресноводные водоёмы имеют большое рыбохозяйственное и бытовое значение. Их воду используют для орошения сельскохозяйственных угодий. Пресные воды широко применяют в пищевой, фармацевтической, металлургической и горнодобывающей промышленности. Поэтому мониторинг состояния пресных водоемов и их рациональное использование является важнейшей задачей, стоящей перед нашим государством [3].

Для плодотворного и перспективного использования пресных водоёмов необходимо развивать и совершенствовать мониторинг качества их вод. Вместе с тем, в данном направлении важным аспектом является решение проблемы загрязнения окружающей среды [4]. Привлечение передовых, безотходных технологий оправдано, как в экономическом плане, так и в области природоохранных мероприятий. Большой проблемой остается поступление в пресные водоёмы различного рода загрязнителей, которые могут приводить в негодность пресные воды, а в ряде случаев – к экологической катастрофе. В результате данная проблема создает сразу два основных направления исследований: экономическое и экологическое. Если с экологическим направлением относительно всё понятно, т. к. загрязнители могут приводить как к краткосрочным, так и к долгосрочным последствиям, то экономическое направление является многофакторным. В первую очередь, речь идёт о непригодности самих вод для различных целей вследствие нерационального использования, а также об отсутствии современных технологий их обработки. Во вторую очередь, следуют отметить применение системы штрафов при нарушении норм природопользования. Во избежание вышеперечисленных последствий и увеличение экономической устойчивости важно совершенствовать и развивать экологический мониторинг пресных водоемов, который позволяет контролировать и прогнозировать не только моментальные, так и долгосрочные риски, что экономически выгодно государству и снижают нагрузку на окружающую среду. Плоды исследований, осуществляемых в данном направлении, экологизируют и поднимают на качественно новый уровень различные отрасли экономики (народное хозяйство, медицину, сельское хозяйство и промышленность), функционирование которых предполагает потребление природной воды.

Среди важнейших химических показателей, влияющих на качество пресных водоёмов, является содержание растворенного в их водах

свободного кислорода. Растворенный кислород играют приоритетную роль в химических и биохимических процессах, происходящих в природных резервуарах воды. Снижение содержания кислорода может приводить к катастрофическим последствиям, обусловленных как прямым действием, так и опосредованным влиянием, начиная от замора рыбы и вплоть до развития в пресных водоёмах анаэробных микроорганизмов. По этой причине содержание кислорода должно контролироваться на соответствие установленным нормативам, что необходимо для обеспечения полноценного существования четырёх биотопов природного или искусственного водоёма (пелагиаль, бенталь, нейсталь, нейстон) [5].

Цель исследования: рассмотреть сезонную динамику ряда химических показателей вод Яченского водохранилища (на примере рН, кислорода, БПК₅, жёсткости)

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Изучить и отработать методики определения показателей: рН, содержание растворённого кислорода, БПК₅, жёсткость.
2. Провести первичную обработку полученных данных и интерпретировать результаты исследования.

Пробоотбор природной воды, осуществляемый четырёх точках водоёма в течение семи месяцев, показывает, что: показатели растворённого кислорода за данный период варьируются. За время наблюдения полученные значения выходили за пределы нормы четырежды. В мае на первой контрольной точке значение растворённого кислорода составило 17,03 мг/л, что на 3,03 мг/л превышает установленную норму для поверхностных вод (4–14 мг/л) [8]. На второй контрольной точке в мае показатель также составил 14,03 мг/л, что на 0,03 мг/л превышает норму. Такие превышения показателей в мае обусловлены увеличением продолжительности дня и большим количеством воды. В результате водоросли вырабатывают больше кислорода, чем расходует микробиота водоема. Одновременно волнение и бурное локальное перемешивание воды в водоёме также способствует увеличению значений растворённого кислорода. В августе и сентябре на третьей контрольной точке значения также оказались завышены –17,09 и 16,45 мг/л, соответственно, что превысило норму на 3,09 и 2,45 мг/л. Среди существенных причин превышения значений растворённого кислорода являются прибой и волны, бьющиеся о пирс, которые насыщают воду кислородом. Остальные значения, не выходящие за нормы предельных допустимых концентраций, для четырёх контрольных точек (далее – кт) отображены в табл. 1 и представлены на рис. 1.

Таблица 1 – Мониторинг показателей растворённого кислорода воды Яченского водохранилища

Дата	кт-1	кт-2	кт-3	кт-4
27.05.24	17,03	14,03	9,90	9,51
27.06.24	12,25	12,74	13,54	8,29
27.08.24	12,9	10,96	17,09	8,06
25.09.24	8,22	8,54	16,45	10,80
26.10.24	9,19	7,09	8,22	12,58
23.11.24	8,38	8,38	7,74	8,71
11.02.25	9,35	-	9,67	9,03

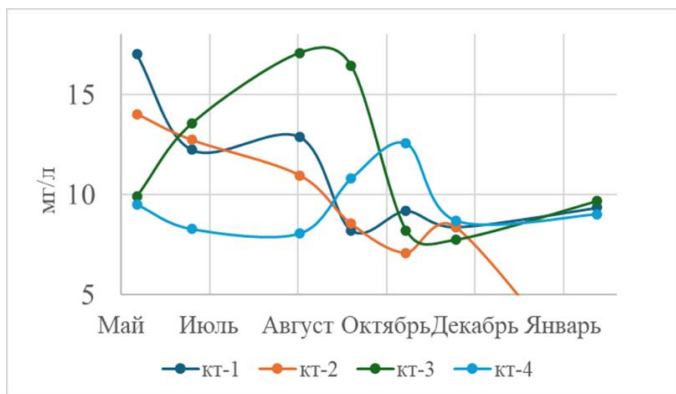


Рисунок 1 – График мониторинга растворённого кислорода

Мониторинга одного показателя – содержания свободного кислорода – недостаточно для полноценной оценки биологического потребления кислорода, так как основные потребители кислорода – это микроорганизмы. Для указанной цели также важно осуществлять мониторинг биологического потребления кислорода (БПК₅ и БПК полное). Данные показатели являются важными маркерами загрязнения водоёма органическими веществами биологического происхождения и носят часто решающий характер при оценке состояния водоёма.

Показатель БПК₅ довольно сильно превышал нормированные значения (0–4мг/л) в течение всего теплого времени года (май-сентябрь) [8]. Такие значения показателей свидетельствуют о загрязнении Яченского водохранилища органическими веществами [1,2]. Особо высокие скачки значений отмечены также за август на первой, второй, третьей контрольных точках. Значения показателя за сентябрь на третьей контрольной точке

аргументируются увеличением светового дня и повышенной температурой окружающей среды в обозначенный месяц, что способствует интенсификации процесса фотосинтеза. Показатели БПК₅ за октябрь-февраль не превышали нормы, установленные СанПиНом. При рН 6,5-8,5 в аэробных условиях и при температуре 20-24 °С за пять суток отмечено окисление около 70 % соединений [6]. Динамика колебаний показателя БПК₅ отображена в табл. 2 и на рис. 2.

Существенным фактором для оценки состояния водоёмов рыбохозяйственного, культурно-бытового и питьевого назначения (регламентируется в диапазоне от 6,5 до 8,5) является водородный показатель. Колебания значений рН в природных водоёмах обычно происходят по причине изменения концентраций углекислого газа и гидрокарбонат-иона. Такого рода колебания характерны для разных сезонов и связаны с биологической активностью, происходящей в них.

Таблица 2 – Мониторинг показателей БПК₅ воды Яченского водохранилища

Дата	кт-1	кт-2	кт-3	кт-4
27.05.24	10,58	9,35	5,38	7,17
27.06.24	8,14	8,39	8,78	8,29
27.08.24	11,29	10,86	11,61	8,06
25.09.24	8,39	5,64	13,39	6,77
26.10.24	1,13	0,64	1,77	5,32
23.11.24	0,32	0,32	0,32	0,32
11.02.25	0,64	-	0,32	0,00

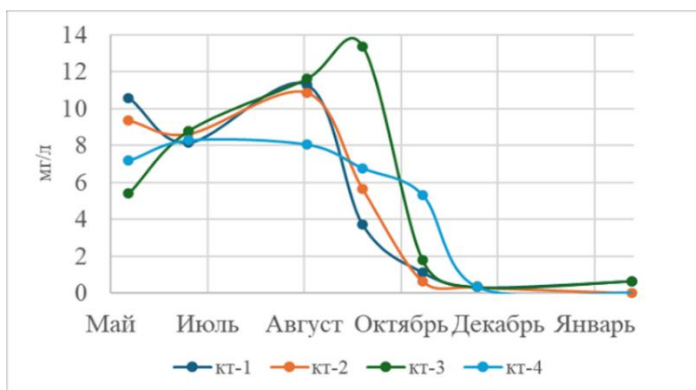


Рисунок 2. – Результаты мониторинга БПК₅

В летнее время водородный показатель обычно имеет слабо щелочное значение, а при снижении биологической активности в зимнее время вода водоёма имеет слабокислое значение. Кроме того, на снижение рН могут влиять наличие гуминовых кислот и фульвокислот. Но в случае нехарактерных для сезона резких колебаний рН в обе стороны могут сигнализировать о наличии антропогенных загрязнителей.

Значения рН за период май-февраль были нестабильны. Они вышли за пределы нормы (нормативные значения – 6,5-8,5), и имели значения более 8,5 в тёплое время года (в мае-сентябре) [8]. Такой рост показателей можно объяснить высоким содержанием углекислого газа, особенно в придонных слоях водоёмов, что приводит к образованию гидрокарбонатов, которые защелачивают воду. Динамика колебаний показателя рН отобразена в табл. 3 и на рис. 3.

Таблица 3. Мониторинг показателей рН Яченского водохранилища

Дата	кт-1	кт-2	кт-3	кт-4
27.05.24	8,24	8,83	6,99	7,01
27.06.24	9,12	9,19	8,24	9,03
27.08.24	8,00	7,36	8,51	9,20
25.09.24	8,76	8,31	8,95	8,76
26.10.24	8,23	7,02	8,29	8,37
23.11.24	7,84	8,12	8,22	8,26
11.02.25	7,74	-	8,08	8,05

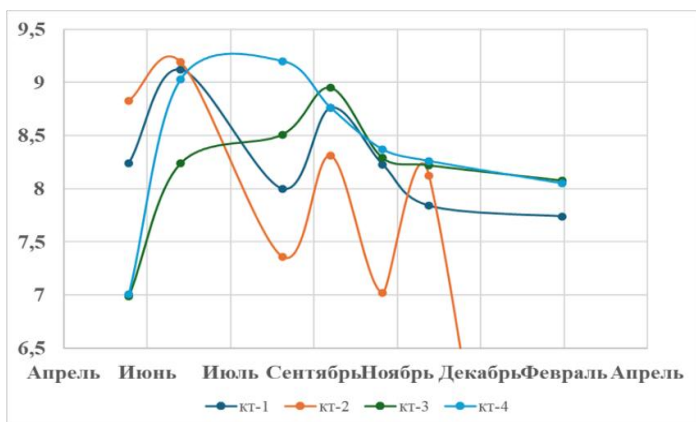


Рисунок 3 – Результаты мониторинга pH

Поскольку значение водородного показателя неразрывно коррелируют с наличием углекислого газа и гидрокарбонат-ионов в воде водоёмов, то и мониторинг жёсткости вод также является немало важным показателем. Наиболее стабильным показателем Яченского водохранилища оказалась жёсткость воды. Её значения за сентябрь-февраль ни разу не выходили за пределы допустимых концентраций (3-6 мг-экв/л) (см. табл. 4) [8].

Жёсткость воды помимо здоровья человека также влияет и на состояние биоты водоёма. Например, исследования, представленные в научных публикациях, показывают, что уровень жёсткости воды непосредственно влияет на количественный состав флоры водоёма [7]. Степень минерализации также влияет на здоровье рыб. Рыбы, организм которых приспособлен к обитанию в жёсткой воде, не переносят долгосрочное нахождение в воде со значительно сниженным уровнем минерализации. Снижение жёсткости приводит к вымыванию из их организмов минеральных и органических ионов, что приведёт к снижению иммунитета рыб, в целом, к их ослаблению и, впоследствии – к гибели. Но даже если сами рыбы постепенно смогут адаптироваться к изменившимся условиям среды, снижение жёсткости воды значительно отразится на их репродуктивной системе. Нерест одних рыб требует мягкой воды, вторых – жёсткой, а для третьих степень минерализации воды для размножения неважна.

Таблица 4 – Мониторинг показателей общей жёсткости воды Яченского водохранилища

Мониторинг общей жёсткости [°Ж]				
Дата	КТ-1	КТ-2	КТ-3	КТ-4

25.09.24	3,4	3,4	3,4	3,4
26.10.24	4,2	4,2	4,1	4,2
23.11.24	3,9	4,1	3,9	4,1
11.02.25	5,1	-	4,4	4,1

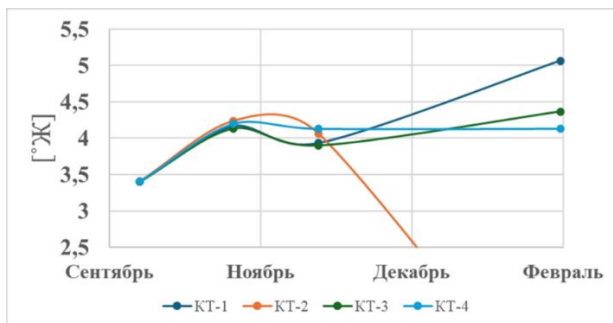


Рисунок 4 – Результаты мониторинга общей жёсткости

В табл. 5 и на рис. 5 отображены колебания данных, полученных при измерении ионов кальция, влияющих на общую жёсткость воды водоёма в сентябре-феврале.

Таблица 5 – Мониторинг ионов кальция в воде Яченского водохранилища

Мониторинг отдел. Ca ²⁺ [°Ж]				
Дата	КТ-1	КТ-2	КТ-3	КТ-4
25.09.24	2,5	2,5	2,5	2,5
26.10.24	3,3	3,3	3,2	3,3
23.11.24	3,7	3,7	3,7	3,6
11.02.25	4,2	-	3,4	3,8

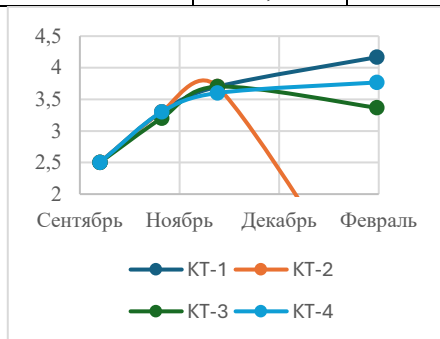


Рисунок 5 – Результаты мониторинга ионов кальция

В табл. 6 и на рис. 6 отображены колебания данных, полученных при измерении ионов магния, влияющих на общую жёсткость воды водоёма в сентябре-феврале.

Таблица 6 – Мониторинг ионов магния в воде Яченского водохранилища

Мониторинг отдел. Mg ² [°Ж]				
Дата	КТ-1	КТ-2	КТ-3	КТ-4
25.09.24	0,9	0,9	0,9	0,9
26.10.24	0,9	0,9	0,9	0,9
23.11.24	0,3	0,4	0,2	0,5
11.02.25	0,9	-	0,9	0,3

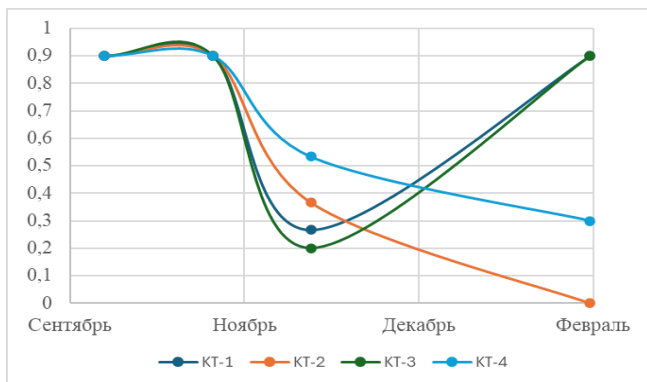


Рисунок 6 – Результаты мониторинга ионов магния

В результате в случае нехарактерных для сезона aberrаций оценка значений pH водоёма должна осуществляться комплексно, вместе с жесткостью и рядом других показателей, в том числе кислорода и БПК₅.

Список литературы:

1. Jensen SA, Webb JR, Simpson GL, Baulch HM, Leavitt PR and Finlay K (2022), Seasonal variability of CO₂, CH₄, and N₂O content and fluxes in small agricultural reservoirs of the northern Great Plains. *Front. Environ. Sci.* 10:895531. doi: 10.3389/fenvs.2022.895531
2. Двинских, С. А. Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод: учебно-методическое пособие / С. А. Двинских. – Пермь:

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – 78 с.

3. Den Besten, P.J.; van den Brink, P.J. 2005: Bioassay responses and effects on benthos after pilot remediations in the delta of the rivers Rhine and Meuse. *Environmental Pollution* 136(2): 197-208 DOI:10.1016/j.envpol.2005.01.016.

4. Шошина, Р.Р. Разработка методических подходов к проведению регионального экологического мониторинга водных объектов Калужской области / Р.Р. Шошина, В.Е. Иванова, И.В. Маньшина // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы естествознания и естественно-научного образования». Калуга 2024. – С.89-91. – URL: (https://istina.ips.ac.ru/download/648659020/1ryxyf:wiXUCvaVswDICgR_K0o2stU2DCo/)

5. Аксенов, В. И. Химия воды: аналитическое обеспечение лабораторного практикума: Учеб. пособие / В. И. Аксенов, Л. И. Ушакова, И. И. Ничкова; [под общ. ред. В. И. Аксенова]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.

6. Оценка влияния ксенобиотиков на скорость разложения органических загрязнений: [монография] / Готовцев А. В. – Москва: Издательство Вода: химия и экология, 2018. – 272 с.

7. Зиновьева А.Е., Дурникин Д.А. Влияние минерализации и общей жесткости воды на распределение гидрофитов в экосистемах (на примере водоемов юга Обь-Иртышского междуречья). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralizatsii-i-obschey-zhestkosti-vody-na-raspredelenie-gidrofitov-v-ekosistemah-na-primere-vodemoov-yuga-ob-irtyshskogo/viewer> (дата обращения: 10.04.2025).

8. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006938> (дата обращения: 10.04.2025).

УДК 661.183.2

Определение механизма сорбции метиленового голубого сорбентами на основе природных полимеров

А.И. Васина, А.В. Мешалкин

Определен механизм сорбции метиленового голубого (МГ) сорбентами на основе природных полимеров, а именно: отходы молотого кофе (ОМК), сорбент Экстра импловит и полифепам. Механизм взаимодействия всех трёх адсорбентов и МГ является хемосорбционным.

Ключевые слова: адсорбция, уравнение Дубинина-Радушкевича, метиленовый голубой, отходы молотого кофе, сорбент Экстра импловит, полифепам.

Determination of the mechanism of sorption of methylene blue by sorbents based on natural polymers

A.I. Vasina, A.V. Meshalkin

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The mechanism of sorption of methylene blue (MG) by sorbents based on natural polymers, namely: ground coffee waste (OMC), Extra implovit sorbent and polyphepam, has been determined. The mechanism of interaction of all three adsorbents and MG is chemisorption.

Keywords: adsorption, Dubinin-Radostkevich equation, methylene blue, ground coffee waste, Extra implovit sorbent, polymer.

Введение. Адсорбция из растворов имеет конкурентный или вытеснительный характер, так как из жидкой фазы адсорбируются как минимум два компонента – растворитель и растворенное вещество. В зависимости от механизма адсорбции влияние различных факторов на ее величину будет отличаться. Например, с повышением температуры величина физической адсорбции будет уменьшаться, а при хемосорбции, как правило, наоборот – увеличиваться. Знание механизма адсорбции при использовании конкретного сорбционного процесса в связи с этим является актуальным.

Для выяснения, какой механизм адсорбции (физический или химический) имеет место быть, может быть использована модель изотермы Дубинина-Радушкевича [1]:

$$A = A_{\infty} e^{-k_{др} \varepsilon^2},$$

(1) где $k_{др}$ – константа (моль²/кДж²), связанная с энергией адсорбции; ε – потенциал Поляни (кДж/моль), отражающий изотермическую работу переноса одного моль адсорбата из объема равновесного раствора с концентрацией C к поверхности сорбента и определяемый из выражения:

$$\varepsilon = RT \ln\left(1 + \frac{1}{C}\right). \quad (2)$$

Изотерма Дубинина-Радушкевича является более общей по сравнению с изотермой Ленгмюра, поскольку она не предполагает гомогенности поверхности, постоянства адсорбционного потенциала и допускает образование нескольких слоев адсорбата.

Логарифмируя уравнение (2), получаем его линейную форму:

$$\ln A = \ln A_{\infty} - k_{ДР} \varepsilon^2 \quad (3)$$

и строим график зависимости $\ln A = f(\varepsilon^2)$, в котором по наклону прямой и отрезку, отсекаемому на оси ординат, можно определить значения констант A_{∞} и $k_{ДР}$.

Модель Дубинина-Радушкевича указывает на природу адсорбции и может быть использована для расчета средней свободной энергии адсорбции («кажущаяся энергия адсорбции», E):

$$E = \frac{1}{\sqrt{-2k_{ДР}}} \quad (4)$$

При значении $E < 8$ кДж/моль имеет место физическая адсорбция (слабая фиксация адсорбата); при $8 \leq E < 16$ кДж/моль – хемосорбция (сильная фиксация адсорбата). Значения E , рассчитанные по уравнению Дубинина-Радушкевича, соответствуют наиболее полным заполнениям всех обменных позиций пористых структур и суммарно отражают все, включая наиболее слабые взаимодействия поглощенных частиц адсорбата с адсорбентом.

В настоящее время широкое распространение получили сорбенты на основе природных полимеров – целлюлозы, лигнина, пектинов, альгинатов [2-4]. Сорбционные свойства природных полимеров обусловлены наличием у них различных функциональных групп, а также высокой пористостью и дисперсностью, поэтому по предварительным оценкам механизмы взаимодействия таких сорбентов со многими адсорбатами являются хемосорбционными.

На первом этапе изучения сорбентов используют вещества-маркеры, среди которых широко известен метиленовый голубой (3,7-бисдиметиламинофенотиоцианит хлорид, МГ), использованный в рамках настоящего исследования [5, 6]. Молекулярная масса МГ составляет 319,65; площадь, занимаемая молекулой МГ в адсорбционном слое (s_0) составляет 2,08 нм².

Величину адсорбции определяют посредством спектрофотометрического измерения убыли концентрации красителя в растворе после достижения адсорбционного равновесия.

Объектом настоящего исследования были отходы среднеобжаренного молотого кофе (ОМК) преимущественно ботанического вида Арабика (средний помол, после заваривания кипятком в чашку) [7]. Отходы многократно промывались дистиллированной водой до исчезновения коричневой окраски, высушивались до постоянного веса при температуре 105 ± 5 °С и использовались для определения адсорбционной емкости по МГ. Для сравнения результатов сорбционный процесс также проводили с использованием двух энтеросорбентов на основе природных полимеров промышленного производства, а именно:

Сорбент Экстра импловит: таблетки по 700 мг, содержащие 448,5 мг микрокристаллической целлюлозы; 210,0 мг диоксида кремния, а также крахмал картофельный и кальция стеарат (41,5 мг). Производство ООО «Биотерра», РБ. Перед проведением экспериментов по адсорбции таблетки предварительно измельчались до порошкообразного состояния в фарфоровой ступке с пестиком.

Полифенам: порошок, содержащий от 30 до 50% лигнина гидролизного в пересчете на сухое вещество. Производство ООО «Восток», РФ, Кировская обл.

Методика определения величины адсорбции (А, мг/г; моль/г) и обработка данных. Навески исследуемых образцов сорбентов массой 0,1000 г помещали в стаканы, прибавляли 50 мл раствора МГ с исходной концентрацией ($C_{исх}$, мг/л; моль/л) от 0,2 до 2,0 г/л, периодически перемешивали содержимое взбалтыванием в течение до 180 мин. Равновесную концентрацию (C , мг/л; моль/л) определяли методом сравнения путем отбора соответствующих аликвот, последующим их разбавлением дистиллированной водой и фотометрированием при длине волны 660 нм в кюветах 1 см.

Величину адсорбции (адсорбционная емкость, адсорбционная активность) рассчитывали по формуле: $A = (C_{исх} - C)0,05/0,1$.

Полученные данные обрабатывали методом наименьших квадратов с использованием программы MS Excel, строя изотерму (296 К) Дубинина-Радушкевича в линейных координатах ($\ln A = f(\epsilon^2)$).

Результаты и их обсуждение. Как следует из представленных на рис. 1 и 2 изотерм адсорбции и расчетов средней свободной энергии адсорбции для ОМК, сорбента Экстра импловит и полифенама величина E , рассчитанная по уравнению Дубинина-Радушкевича, превышает для всех

трех сорбентов значение 8 кДж/моль, что говорит о хемосорбционном механизме взаимодействия изученных адсорбентов и МГ.

Относительно большие значения средней свободной энергии адсорбции, видимо, следует отнести к химическим реакциям между функциональными группами природных пористых полимеров (гидроксильные, метилольные, альдегидные, метоксильные и др.) и МГ, относящегося к группе катионных красителей. Величина адсорбции в таких случаях будет тем больше, чем больше величина отрицательного заряда на поверхности сорбента.

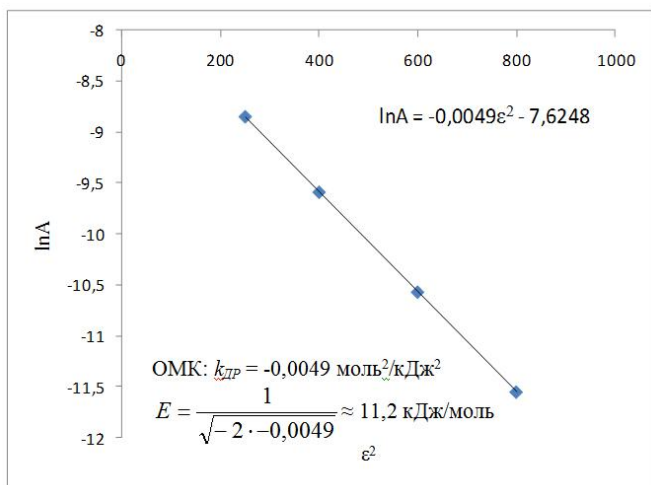


Рисунок 1 – Изотерма (296 К) Дубинина-Радушкевича в линейных координатах для адсорбции МГ на ОМК и расчет средней свободной энергии адсорбции

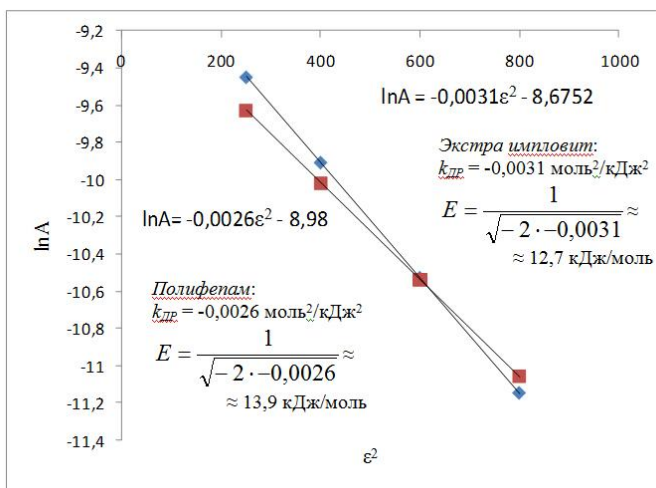


Рисунок 2 – Изотерма (296 К) Дубинина-Радушкевича в линейных координатах для адсорбции МГ на сорбенте Экстра импловит (справа) и полифенаме (слева) и расчеты соответствующих значений свободной энергии адсорбции

Список литературы:

1. Дубинин, М.М. К вопросу об уравнении характеристической кривой для активных углей / М.М. Дубинин, Л.В. Радушкевич // Докл. АН СССР, 1947. – Т. 55. – С. 331-334.
2. Саловарова, В.П. Эколого-биотехнологические основы конверсии растительных субстратов / В.П. Саловарова, Ю.П. Козлов. – Москва: Изд-во РУДН, 2001. – 331 с.
3. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Под ред. Г. Парфит и К. Рочестер. – Москва: Мир, 1986. – 488 с.
4. Смирнов, А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Ленинград: Химия, 1982. – 168 с.
5. Адсорбция метиленового голубого энтеросорбентами различной природы / Лишай А.В., Савитская Т.А, Цыганкова Н.Г. [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. – Химия. – 2021, №1. – С. 58-74.
6. О возможности применения метода сорбции красителей для определения удельной поверхности углеродных материалов для литий-серных аккумуляторов / Е.В. Кузьмина, Л.Р. Дмитриева [и др.] // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2020, №2. – С. 29-34.

7. Скотт Рао. Справочник обжарщика кофе / Скотт Рао. – Оттава: Скотт Рао, 2014. – 92 с.

УДК: 542.97:546.125+661.491

**Влияние различных катализаторов на процесс разложения
концентрированного раствора пероксида водорода**

¹М.В. Высоцкая, А.К. ¹Ахлебинин, ²К.В. Маерле

¹*Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга*

²*Сколковский институт науки и технологий, Москва*

Исследована кинетика разложения концентрированного раствора пероксида водорода в присутствии сульфатов железа, нитрата никеля(II), диоксидов марганца и свинца, оксида железа(III). Высказано предположение о влиянии стабилизатора пероксида водорода (уксусная кислота) на механизм реакции.

Ключевые слова: разложение, катализатор, пероксид водорода

**The effect of various catalysts on the decomposition of a concentrated solution
of hydrogen peroxide**

¹M.V. Vysotskaya, ¹A.K. Akhlebinin, ²K.V. Maerle

¹*Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga*

²*Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow*

The kinetics of decomposition of concentrated hydrogen peroxide solution in the presence of iron sulfates, nickel(II) nitrate, manganese and lead dioxides, and iron(III) oxide was studied. An assumption was made about the influence of the hydrogen peroxide stabilizer (acetic acid) on the reaction mechanism.

Key words: decomposition, catalyst, hydrogen peroxide

Введение.

Пероксид водорода обладает высоким реакционным потенциалом, он широко используется в системах вооружения [1], химической промышленности, медицине и добыче углеводородов [2].

Применение промышленных отходов пероксида водорода в нефте- и газодобыче позволяет добывать трудно извлекаемые запасы углеводородного сырья и, одновременно, утилизировать его отходы.

Особенность концентрированных растворов пероксида водорода самопроизвольно разлагаться во внешних условиях среды была обнаружена почти сразу при его открытии:



Процесс распада пероксида водорода резко ускоряется при добавлении в систему катализаторов и может иметь взрывной характер. Ими являются: ионы железа(II) и (III), комплексы тяжелых металлов, ионы свинца(II) и марганца(III) [3], комплексы Fe(III) с аминокислотами, серебро, свинец, платина [4], аквакомплексы палладия(II) [5].

На практике находят применение оксиды металлов: титана(IV) TiO_2 , алюминия(III) Al_2O_3 , кобальта Co_3O_4 [6], железа Fe_3O_4 [7], марганца(IV) MnO_2 [8].

Изучены в качестве катализаторов соли хрома, вольфрама и молибдена $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ [9], WO_4^{2-} , MoO_4^{2-} [10].

Экспериментальная часть.

В работе использовался 40% водный раствор пероксида водорода, стабилизированный уксусной кислотой (0,8%) [11].

Были выбраны гетерогенные катализаторы: оксид железа(III) Fe_2O_3 (ч.д.а.) (99,604%) с размером наночастиц 30 нм [12], диоксид марганца MnO_2 с частицами размером 107 нм технический (85,163%) [13] и оксид свинца(IV) PbO_2 (х.ч.).

Для гомогенного каталитического процесса использовали растворы сульфата железа(II) и сульфата железа(III), железного купороса (х.ч.) по ГОСТ 4148-78 изм.1,2.

Разложение пероксида водорода контролировалось гравиметрическим методом. Реакцию осуществляли в колбе с обратным воздушным холодильником, установленной на теххимических весах. Измеряли изменения массы реакционной смеси во времени.

Опыты с оксидами металлов: навеску 0,11 г катализатора помещали в реактор и приливали 10 мл 40% пероксида водорода.

Опыты с растворами солей: 10 мл 40% пероксида водорода помещали в реактор и приливали 0,5 мл насыщенного водного раствора катализатора.

Временем начала эксперимента считали касание последней капли добавляемого раствора с веществом в реакторе.

Опыт завершали при окончании реакции. Делали не менее трех повторностей. Температура начала реакции 18-20 °С. Результаты представлены на рисунках 1 и 2, в таблице 1.

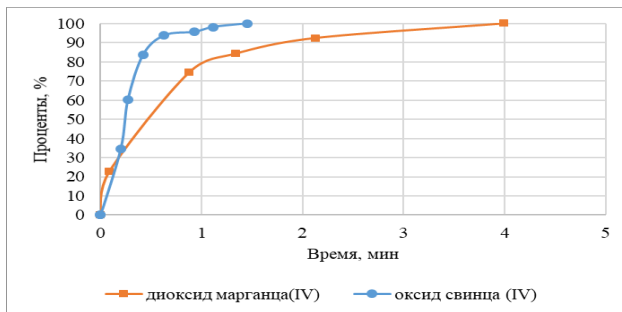


Рисунок 1 – Зависимость полноты разложения H_2O_2 от времени $\alpha=f(t)$ с участием катализаторов диоксида марганца(IV) и оксида свинца(IV)

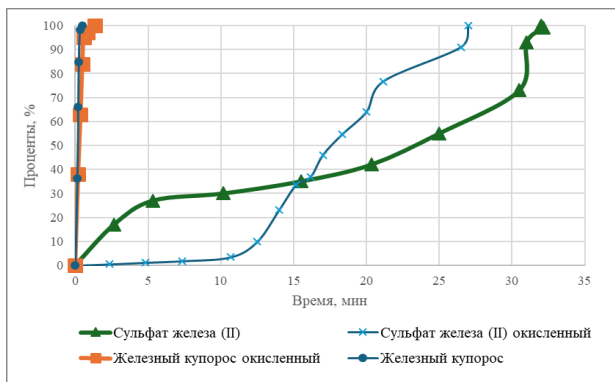


Рисунок 2 – Зависимость полноты разложения H_2O_2 от времени $\alpha=f(t)$ с участием насыщенных водных растворов сульфата железа и железного купороса

Обсуждение результатов.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались согласно представлению о процессе разложения пероксида водорода как простой реакции. Для получения кинетических параметров системы провели расчеты степени превращения пероксида водорода при взаимодействии с выбранным катализатором, констант скорости реакции по методу Вант – Гоффа,

интегральным и методом подстановки. Результаты – на рисунках 3 и 4, в таблице 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика процессов разложения пероксида водорода в присутствии катализаторов

Катализатор	Время срабатывания мин	Разность конечной и начальной масс смеси, г	m(O ₂) г теоретическая
Ni(NO ₃) ₂	Не работает	0	2,15
Fe ₂ O ₃	Не работает	0	
MnO ₂	0,48	1,84	
PbO ₂	0,65	2,48	
FeSO ₄ насыщенный	30,28	3,98	
FeSO ₄ насыщенный окисленный	33,9	4,49	
FeSO ₄ ·7H ₂ O насыщенный	0,37	5,20	
FeSO ₄ ·7H ₂ O насыщенный окисленный	0,3	5,94	

Эксперименты с 40% H₂O₂ показали, что наибольший выход газообразного O₂ и паров H₂O наблюдается в реакциях с железным купоросом.

Самый длинный индукционный период наблюдался с насыщенными растворами сульфата железа(II), предположительно из-за образования (при долгом хранении) соединений FeO(OH) и Fe(SO₄)₃. Это приводит к появлению при растворении коллоидных частиц, что сказывается на скорости реакции, так как активные центры становятся менее доступными для воздействия пероксида. Механизмы таких реакций до сих пор точно не установлены [14,15].

Оксид марганца оказал более выраженный каталитический эффект на процесс деструкции пероксида водорода, чем диоксид свинца.

Активность твердофазных катализаторов варьируется из-за разного размера наночастиц, структуры реактивов, чистоты и внешних поверхностно-

адсорбционных способностей соединений, оказывающих значительное влияние на катализ.

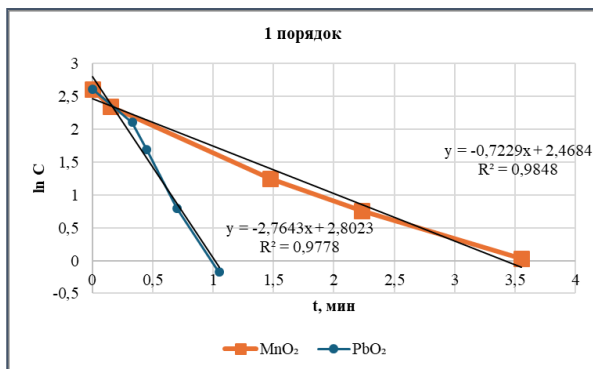


Рисунок 3 – Кинетические кривые процесса каталитической деструкции 40% водного раствора пероксида водорода

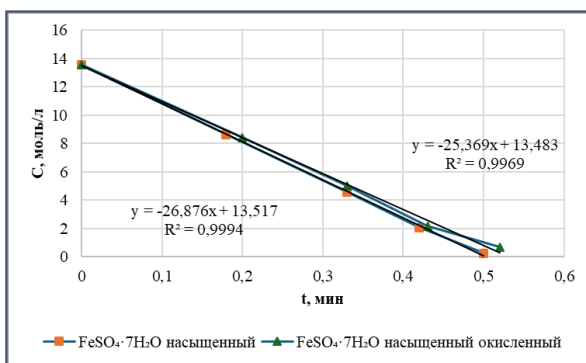


Рисунок 4 – Кинетические кривые процесса каталитической деструкции 40% водного раствора пероксида водорода

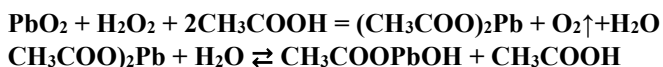
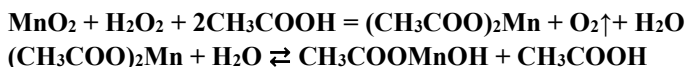
Таблица 2 – Кажущиеся константы скорости и порядки реакции разложения 40% водного раствора пероксида водорода

Катализатор	Константа скорости k, мин ⁻¹	tgβ	Порядок реакции
-------------	---	-----	-----------------

			n
MnO ₂	1,05±0,32	-2,22	1
PbO ₂	2,11±0,26	-0,72	1
FeSO ₄ насыщенный	0,32±0,40	-0,98	0
FeSO ₄ насыщенный окисленный	0,38±0,19	-0,24	0
FeSO ₄ ·7H ₂ O насыщенный	27,03±0,40	-26,88	0
FeSO ₄ ·7H ₂ O насыщенный окисленный	25,68±0,28	-25,37	0

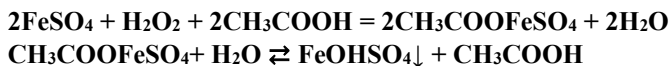
В опытах с наночастицами Fe₂O₃ не обнаружили каталитической активности.

Математические расчеты показали первый порядок реакции с участием оксидов марганца(IV) и свинца(IV) и нулевой с участием солей железа. Полученные результаты могут быть связаны с возможным участием уксусной кислоты в образовании комплексов с ионами металлов в составе оксидов и переводом их в гомогенный раствор. Упрощенно эти процессы можно иллюстрировать уравнениями:



Поэтому, вероятно, порядок реакции разложения пероксида водорода в присутствии этих оксидов и становится первым.

При использовании солей железа, возможно, происходит противоположный процесс, и катализ становится фактически гетерогенным:



Выводы.

Высокий каталитический эффект проявили водный раствор железного купороса, диоксид марганца(IV) и оксид свинца(IV).

Перспективными являются катализаторы с длительным индукционным периодом: раствор сульфата железа(II) и его окисленная форма.

Оксид железа(III) и водный раствор нитрата никеля(II) не проявили каталитической активности.

В ряду $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{\text{насыщенный}}$ окисленный < MnO_2 < PbO_2 < $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}_{\text{насыщенный}}$ < $\text{FeSO}_4_{\text{насыщенный}}$ окисленный < $\text{FeSO}_4_{\text{насыщенный}}$ время срабатывания катализатора соответственно увеличивается.

Графический анализ кинетических кривых процесса и химико-математические расчеты показали, что реакции разложения концентрированного пероксида водорода с оксидами марганца(IV) и свинца(IV) соответствуют кинетике первого порядка. В присутствии сульфата железа наблюдается нулевой порядок.

Проведенное исследование может иметь практическое значение для разработки технологических процессов добычи углеводородов.

Список литературы:

1. Катализаторы разложения пероксида водорода, используемые в ракетных двигателях (обзор / Ш.Л. Гусейнов, С.Г. Федоров, В.А. Косых, П.А. Стороженко // Журнал прикладной химии. – 2020. – Т. 93. № 4. – С. 459-482.
2. Антонов, С.В. Оценка перспектив использования пероксида водорода в термоокислительных методах добычи вязкой нефти / С.В. Антонов, П.М. Зобов, Д.А. Бакулин. [и др.] // Баш. хим. ж. – 2013. – №2. – С. 5-11.
3. Захаров, А.Н. Каталитическая активность комплексного соединения Рb (2+) на основе оксо, аза-макроциклического лиганда в разложении пероксида водорода / А.Н. Захаров // Научный альманах. – 2019. – № 10-2(60). – С. 187-190.
4. Шамб, У. Перекись водорода / У. Шамб, Ч. Сеттерфилд, Р. Вентворс; ред. О. А. Реутов. – Москва: Издательство иностранной литературы, 1958. – 578 с.
5. Потехин, В.В. Палладий содержащие аквакомплексные системы в реакциях каталитического окисления неорганических и органических веществ. Кинетика и механизм реакций: диссертация доктора химических наук: 02.00.01 / В.В. Потехин. – Санкт-Петербург. – 2009. – 262 с.
6. Применение наночастиц Co_3O_4 и MnO_2 для получения каталитически активных слоев на поверхности плоских керамических мембран / Г.М. Бондарева, А.А. Люлина, С.В. Вержичинская [и др.] // Химическая технология функциональных наноматериалов: Сб. Матер. Междунар. конф.

со школой и мастер-классами для мол. ученых. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2017. – С. 297-299.

7. Lesin, V.I. Colloidal catalysts based on iron(III) oxides. 1. Decomposition of hydrogen peroxide / V.I. Lesin, L.M. Pisarenko, O.T. Kasaikina // Colloid Journal, V. 74. N.1. – 2012. – P. 85-90.

8. Sychev, A.Ya. The catalase, peroxidase, and oxidase properties of the coordination compounds of manganese / A. Ya. Sychev, V.G. Isak // Russ. Chem. Rev. – 1993. – V.62. – N.3. – P. 279-290.

9. Кан, О.О. Изучение кинетики каталитического разложения пероксида водорода [Электронный ресурс] / О.О. Кан, А.Е. Кислова // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018007371> (дата обращения: 13.09.2024).

10. Pędziwiatr, P. Decomposition of hydrogen peroxide - kinetics and review of chosen catalysts [Электронный ресурс] / P. Pędziwiatr, M. Pędziwiatr // Acta Innovations, 2018. – P. 45-52. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/328993399> Decomposition of hydrogen peroxide kinetics and review of chosen catalysts (дата обращения: 12.11.2024).

11. ТУ 2123-002-25665344-2008 Перекись водорода техническая. Технические условия. – URL: https://texcare.ru/upload/iblock/3eb/pasport_bezopasnosti_na_pv_tehn_po_tu_do_10.01.24_1560157763.pdf (дата обращения: 12.11.2024).

12. Certificate of analysis. Ferric oxide // Mucklin. – 2024. P. 1.

13. Certificate of analysis. Manganese dioxide // Mucklin. – 2024. P. 1.

14. Barbusiński, K. Fenton reaction-controversy concerning the chemistry // Ecological Chemistry and Engineering. – 2009. – V. 16. – N.3. – P. 347-358.

15. Чумаков, А.А. О природе интермедиатов в системах Фентона / А.А. Чумаков, Т.С. Минакова, Ю.Г. Слизов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2017. – Т. 25, № 5. – С. 565-584.

УДК 372.854

Исследование возможности оптимизации изготовления настоя плодов боярышника в бытовых условиях

К.А. Гиашвили, С.Е. Сысоева, Р.А. Земляной

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В публикации рассматриваются некоторые аспекты изготовления настоя из плодов боярышника – лекарственного растительного сырья, продаваемого в аптеке, в бытовых условиях, и возможности оптимизации данного процесса. Согласно инструкции по применению, представленной на упаковке, а также в соответствии с ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары», для приготовления отвара необходимо использовать водяную баню, что в быту может вызвать трудности. Фармацевтическое консультирование потребителя в данных условиях также затруднительно. В публикации представлены результаты исследования по использованию термоса для приготовления водного экстракта, содержащего столько же экстрактивных веществ, сколько в настое, приготовленном согласно инструкции и ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары».

Ключевые слова: экстракция, отвар, перманганатометрия, плоды боярышника, дубильные вещества.

Study of the possibility of optimizing the production of hawthorn fruit infusion in domestic conditions

K.A. Giashvili, S.E. Sysoeva, R.A. Zemlyanoy

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The publication discusses some aspects of the manufacture of infusion from hawthorn fruits, medicinal plant raw materials sold in pharmacies, in domestic conditions, and the possibilities of optimizing this process. According to the instructions for use provided on the package, as well as in accordance with the OFS.1.4.1.0018 "Infusions and decoctions", it is necessary to use a water bath to prepare the decoction, which can cause difficulties in everyday life. Pharmaceutical consumer consultation in these conditions is also difficult. The publication presents the results of a study on the use of a thermos for the preparation of an aqueous extract containing as many extractive substances as in an infusion prepared according to the instructions and OFS.1.4.1.0018 "Infusions and decoctions".

Keywords: extraction, infusion, permanganatometry, hawthorn berries, tannins.

Интерес к использованию лекарственного растительного сырья (ЛРС), применяемому для приготовления настоев и отваров в домашних условиях [4], остаётся актуальным. На упаковке продаваемого ЛРС имеется инструкция по изготовлению и применению соответствующего водного извлечения. Изготовление водного извлечения (настоя или отвара), указанного в рекомендациях на упаковке продукции, соответствует ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». Однако такой подход к приготовлению

настоев и отваров в домашних условиях имеет ряд проблем, связанных с невозможностью точного соблюдения значений гидромодуля (соотношение – вода:сырье) из-за отсутствия достаточно точных весов и измерительных емкостей. Также в бытовых условиях часто затруднено соблюдение режима экстракции: экстрагирование необходимо производить при помощи кипящей водяной бани. Согласно ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары» настоев необходимо выдержать на кипящей водяной бане 15 мин. и далее настаивать в течение 30 мин. Отвары на кипящей водяной бане выдерживаются 30 мин. и настаиваются в течение 15 мин. При современном ритме жизни заниматься приготовлением настоев и отваров часто бывает затруднительно. Требуется поиск более удобных способов подготовки экстракта.

В связи с целью представленного исследования является оптимизация процесса получения водных извлечений из ЛРС боярышника.

В научной литературе имеется ряд исследований, в которых представлены возможные способы приготовления настоя шиповника на основе термоса [3, 4]. Полученные исследователями результаты подтверждают такую возможность оптимизации процесса приготовления экстрактов из ЛРС. В тех же работах исследован фактор измельчения плодов боярышника, поскольку стандартное фармакопейное ЛРС боярышника представляет собой цельные сушеные плоды, хотя одновременно на фармацевтическом рынке в продаже присутствуют фильтр-пакеты с измельченными плодами боярышника.

Терапевтическое действие ЛРС боярышника обусловлено присутствием в его плодах флавоноидов и тритерпеновых сапонинов. В частности, в его плодах содержатся флавоноловые гликозиды – гиперозид (кверцетин-3-галактозид) (доминирующим компонент), кверцитрин (кверцетин-3-рамнозид). Среди флавоноидов повышено содержание флавононого гликозида – витекеина. Из других фенольных соединений в плодах боярышника обнаруживаются кофейная и хлорогеновая кислоты, дубильные вещества. Тритерпеновые соединения, также извлекаемые в водные растворы и оказывающие на организм человека положительное действие, представлены урсоловой, олеаноловой и кратеговой кислотами. В плодах шиповника содержатся жирное масло, стерны (ситостерин), полисахариды (пектины), сахара, сорбит и витамины, в частности, каротиноиды [1, 2, 5].

Материалы и методы.

Оценку содержания суммы биологически активных веществ (БАВ) в водном извлечении оценивали прямой перманганатометрией (ОФС.1.5.3.0008), учитывая, что подавляющее количество БАВ, извлекаемых

из выбранного объекта исследования, обладают восстановительными свойствами (витамин С, дубильные вещества, малоновая кислота и т.д.) [1, 2].

В проведённом эксперименте проводилось сравнение фармакопейного настоя из плодов, заваренных плодов (были залиты кипятком) и настоя, приготовленного в термосе. Измерение концентрации суммы БАВ осуществлялось через выбранные промежутки времени (временные точки – (1 и 3,5 ч., а также 2, 3, 4 и 6 ч. – для измельченной формы), поскольку исследования различных авторов свидетельствуют о необходимости значительного увеличения времени экстракции по сравнению с вариантом фармакопейного приготовления. Также нами был проведен параллельный эксперимент с плющеными плодами. Все водные извлечения готовились в одинаковой пропорции: 1:10. Анализ проводили по следующей методике. 15 мл полученного извлечения помещали в коническую колбу для титрования на 250 мл с 100 мл воды. Затем в коническую колбу добавляли 10 мл 10% серной кислоты и раствор индикатора (индигокармин). Титрование проводили 0,1н раствором перманганата калия до золотисто-жёлтого окрашивания. Фиксировали объем титранта [7, 8].

Результаты исследований.

Был осуществлен количественный анализ водных извлечений, как из цельных, так и плющенных плодов боярышника, и оценена динамика экстракции. В ходе исследования был приготовлен настой плодов боярышника в соответствии с требованием ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». Одновременно были приготовлены плоды боярышника, навеска которых была залита кипятком, в том же соотношении, что и отвар (1:10). Аналогичным образом было получено водное извлечение в термосе.

Количество раствора перманганата калия, потраченного на титрование образцов из цельного сырья, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Объём 0,1н раствора перманганата калия, потраченного на титрование образцов, полученных из цельного сырья

Объём 0,1н раствора калия перманганата, мл			
Заварено	Настой ОФС	1 ч.	3,5 ч.
0,1	0,4	0,1	0,15
0,1	0,3	0,1	0,2
0,3	0,3	0,2	0,2
0,33 ± 0,06	0,17 ± 0,12	0,13 ± 0,06	0,18 ± 0,03

Количество раствора перманганата калия, потраченного на титрование образцов из измельчённого сырья, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Объём 0,1н раствора перманганата калия, потраченного на титрование образцов, полученных из измельченного сырья

Объём 0,1н раствора калия перманганата, мл				
Настой ОФС	Заварено	2 ч.	4 ч.	6 ч.
0,8	0,3	0,7	0,6	0,5
0,75	0,4	0,65	0,6	0,5
0,75	0,45	0,65	0,7	0,5
0,77 ± 0,03	0,38 ± 0,08	0,67 ± 0,03	0,63 ± 0,06	0,5 ± 0

Выводы.

Проведенное исследование показало, что при помощи термоса в течение 2-х часов можно приготовить водное извлечение из измельчённых плодов, содержащее столько же экстрагированных веществ, сколько и настой, изготовленный согласно ОФС.1.4.1.0018 из цельных плодов. Нами установлено, что извлечение, приготовленное в термосе, имеет сопоставимые количества экстрагируемых веществ по сравнению с настоями из измельченных плодов, и применение приёма заваривания (как цельных, так и измельченных) плодов боярышника для приготовления настоя нецелесообразно. Уменьшение восстанавливающих веществ в экстракте, наблюдаемое при этом, возможно, связано с термолабильностью некоторых компонентов, таких как аскорбиновая кислота [5,3].

Список литературы:

1. Виды рода боярышник (*Crataegus L.*): Стандартизация и создание лекарственных препаратов / В.А. Куркин, О.Е. Правдивцева, И.Х. Шайхутдинов [и др.]. – Самара: ООО «Офорт», 2020. – 118 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49022040> (дата обращения: 20.03.2025).
2. Гусалова, М.И. Изучение химического состава плодов боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea Pall.*) и шиповника коричного (*Rosa cinnamomica L.*) / М.И. Гусалова, А.В. Хмелевская, С.К. Черчесова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56, № 2. – С. 111-115. – URL. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38470248> (дата обращения: 20.03.2025).
3. Изучение влияния технологического режима изготовления водного извлечения из шиповника плодов (*Rosae fructus*) на содержание аскорбиновой кислоты / Ф.В. Собин, Л.К. Коростелева, Т.А. Луткова, Н.В. Дозморова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2022. – Т.

- 11, № S4. – С. 64-67. – DOI 10.33380/2305-2066-2022-11-4(1)-64-67. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49999763> (дата обращения: 20.03.2025).
4. Исследования по оптимизации режима экстракции аскорбиновой кислоты из плодов шиповника / Е.Е. Зотова, Е.И. Рябинина, Ю.И. Конорева, А.Д. Сальникова // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 94-102. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67926367> (дата обращения: 20.03.2025).
5. Колесина, М.В. Анализ химического состава плодов боярышника / М.В. Колесина // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 12-14 декабря 2019 года. – Владикавказ: Веста, 2019. – С. 268-270. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42604020> (дата обращения: 20.03.2025).
6. Наниева, М.А. Анализ ассортимента лекарственного растительного фасованного сырья, представленного в аптеках города Владикавказ. Изучение потребительских предпочтений в их выборе / М.А. Наниева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 08–10 декабря 2023 года. – Владикавказ: Веста, 2023. – С. 167-169. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69142892> (дата обращения: 20.03.2025).
7. ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-4/1-4-1-lekarstvennye-formy/nastoi-i-otvary> (дата обращения: 20.03.2025).
8. ОФС.1.5.3.0008 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения». – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5-1/opredelenie-soderzhaniya-dubilnykh-veshchestv-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennykh-sred/> (дата обращения: 20.03.2025).

УДК 615.322

Определение биологически активных веществ в какао

А.С. Демидова, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В какао-бобах и какао-порошке в значительном количестве присутствуют метилксантиновые соединения, благодаря которым

достигается тонизирующий эффект. В статье изложены результаты качественного исследования какао-бобов и трех различных видов какао-порошка по содержанию в них теобромину. Исследование выполнено с использованием современных физико-химических методов анализа: УФ-спектроскопии и планарной хроматографии.

Ключевые слова: какао-бобы, какао-порошок, теобромин, качественное определение, спектрофотометрия, хроматография.

Determination of biologically active substances in cacao

A.S. Demidova, E.A. Larionov

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

In cocoa beans and cocoa powder, methylxanthine compounds are present in significant quantities, due to which a tonic effect is achieved. The article presents the results of a comparative analysis of samples of cocoa beans and three types of cocoa powder in terms of the content of biologically active substances. The study was performed using modern physico-chemical methods of analysis: UV spectroscopy and planar chromatography.

Keywords: cocoa beans, cocoa powder, theobromine, quantitative determination, spectrophotometry.

Введение.

Многие продукты растениеводства употребляются не непосредственно, а после значительной переработки. При этом зачастую используются не только методы физического воздействия на продукт (измельчение, нагревание, прессование и т.д.), но и методы химические, с воздействием на продукт химических реактивов. Такому воздействию, например, подвергается какао-порошок. Для улучшения потребительских качеств его обрабатывают щелочными реагентами. Какао содержит полезные для организма человека антиоксиданты. Одним из таких, наиболее известных веществ, является теобромин.

Теобромин – пуриновый алкалоид группы метилксантинов, содержащийся в какао бобах, листьях зеленого чая и мяты, кофейных зернах, орехах кола, ягодах гуараны. В небольших дозах теобромин стимулирует центральную нервную систему, повышает физическую активность и улучшает кровообращение. Кроме того, теобромин обладает антиоксидантными свойствами, защищая клетки от свободных радикалов и предотвращая развитие некоторых заболеваний. Длительное воздействие

теобромина на организм человека может провоцировать развитие зависимости.

Цель нашего исследования: качественно определить наличие теобромина в исследуемых образцах, подвергшихся обработке.

Материалы и методы исследования.

В качестве объектов исследования нами были выбраны следующие образцы:

Образец №1 – Какао-бобы необжаренные «KINGS VANILLA».

Образец №2 – Какао-порошок не алкализованный «FOODVILL».

Образец №3 – Какао-порошок алкализованный «Пекарица».

Образец №4 – Какао-порошок «Cacao Royal».

В качестве методов для качественного обнаружения теобромина в исследуемых объектах (какао-бобах и какао-порошке) были выбраны методы планарной хроматографии и УФ спектроскопии. Определялась хроматографическая подвижность и характер гашения люминисценции теобромина, а также расположение максимума поглощения в нм и форма УФ спектра.

Исследование методом тонкослойной хроматографии

Какао-бобы измельчали до порошкообразного состояния. Остальные объекты изначально представляли собой порошок. В качестве экстрагента была выбрана вода, так как это вещество используется для получения напитков из какао. Водные извлечения для исследования готовили согласно ОФС.1.4.1.0018. В качестве образца сравнения, содержащего теобромин, был использован препарат «Theobromine» (Nutricost).

Хроматографирование осуществлялось на пластинках Sorbfil ПТСХ-П-В-УФ (10x10 см), с применением элюента бензол - этанол - триэтиламин (8:2:1) и обнаружением зон адсорбции в УФ лучах при длине волны 254 нм (гашение флуоресценции). Объем наносимых пипеточным дозатором на пластинки ТСХ растворов, как образца сравнения, так и исследуемых, составлял 10 мкл. В результате на пластине видны четкие зоны теобромина. Хроматографическая подвижность (R_f) теобромина в данной системе составляет $\approx 0,85$ (рис. 1).



Рисунок 1 – Хроматограмма в УФ-лучах при 254 нм образца сравнения – 0 и объектов 1-4

Таким образом, теобромин обнаружен методом тонкослойной хроматографии во всех образцах.

Исследование методом УФ-спектроскопии.

Пробоподготовку для исследования методом УФ спектроскопии проводили согласно методике, изложенной в работе [1]. Для получения экстрактов использовались навески перемолотых какао-бобов и других образцов какао-порошка массой по 20 г.

Экстракты анализировали на спектрофотометре Lambda 35 (Perkin Elmer) в диапазоне длин волн 220-320 нм в кварцевой кювете, с длиной светопоглощающего слоя 1 см. Скорость снятия спектра 460 нм/мин.

Согласно литературным данным [2] кофеин и теобромин имеют максимумы поглощения в диапазоне длин волн 270-273 нм [2]. Исследуемые извлечения имеют следующие максимумы поглощения: объект 1 – 273 нм; объект 2 – 273 нм; объект 3 – 271 нм; объект 4 – 273 нм. Таким образом, можно предположить, что максимум поглощения на спектрах извлечений в указанном выше диапазоне появляется за счёт теобромину. Полученные спектры представлены на рис. 2.

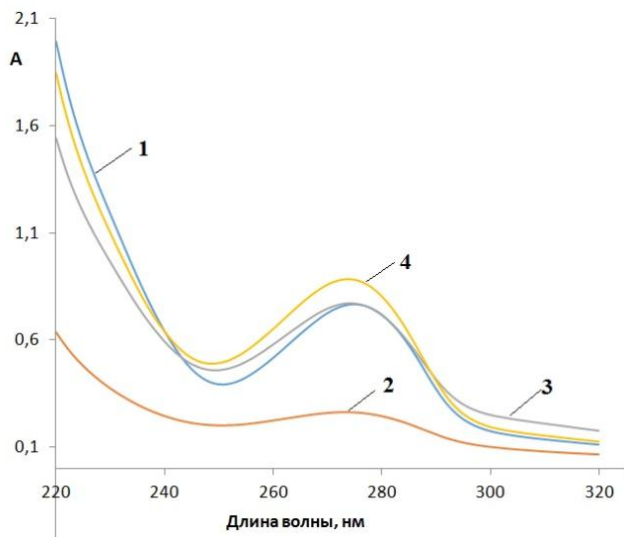


Рисунок 2 – Электронные спектры извлечений объектов 1-4

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что теобромин обнаруживается методом тонкослойной хроматографии в водных экстрактах всех исследованных объектов. На пластинках Sorbfil ПТСХ-П-В-УФ при использовании элюента бензол - этанол - триэтиламин (8:2:1) хроматографическая подвижность (R_f) теобромин составляет $\approx 0,85$.

Максимум поглощения на электронных спектрах извлечений исследуемых объектов располагаются в диапазоне длин волн 271-273 нм.

Список литературы:

1. Коренман, Я.И. Определение теобромин в темном шоколаде / Я.И. Коренман, Н.Я. Мокшина, О.А. Кривошеева // Аналитика и контроль. – 2012, №3. – С. 285-288.
2. Краснов, Е.А. Курс лекций по фармацевтической химии: Лекарственные средства гетероциклического ряда / Е.А. Краснов, Е.В. Ермилова. В 2-х ч. Ч. 1. – Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2010. – 196 с.

УДК 579.66

Влияние тяжелых металлов на ферментативную активность дрожжей на различных субстратах

Е.С. Заикина, Р.А. Гаранин

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В материалах статьи освещаются вопросы влияния ионов меди и цинка на ферментативную активность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Ферментативная активность определялась конечным содержанием спирта в продукте. Изучалось содержание ионов меди и цинка в дистилляте.

Ключевые слова: дрожжи, ферментативная активность, спиртовое брожение, ионы тяжелых металлов.

The influence of heavy metals on the enzymatic activity of yeast on various substrates

E.S. Zaikina, R.A. Garanin

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article covers the influence of copper and zinc ions on the enzymatic activity of *Saccharomyces cerevisiae* yeast. Enzymatic activity was determined by the final alcohol content in the product. The content of copper and zinc ions in the distillate was studied.

Key words: yeast, enzymatic activity, alcoholic fermentation, heavy metal ions.

Одной из глобальных проблем на сегодняшний момент является загрязнение продуктов питания разнообразными токсичными веществами. Наиболее часто загрязнители попадают в продукцию в процессе производства по причине именно того, что сырьё и вода содержат такие примеси. Тяжёлые металлы являются часто встречающимися загрязнителями [1,2]. Эссенциальные количества тяжелых металлов не несут вреда здоровью человека. Но когда их количество значительно увеличивается, тяжёлые металлы превращаются в яды. Из воды они попадают в растительное сырьё при орошении почв загрязненными водами [3,4]. Иногда тяжелые металлы накапливаются в почве, особенно при систематической обработке растений пестицидами: фосфид цинка, сульфат меди, гранозан, арсенат натрия и т. д.

Применяя природоохранные мероприятия, можно уменьшить или предупредить проникновение тяжёлых металлов в продукты питания. Но в ряде случаев сырьё уже является загрязненным ионами тяжелых металлов, в

том числе, и радионуклидами. Таким образом, возникает закономерный вопрос: как обработать такое сырьё, чтобы снизить концентрацию тяжелых металлов в конечном продукте до установленных нормативов? Существуют различные подходы, не допускающие попадания тяжёлых металлов в конечные продукты, начиная от привлечения генетически модифицированных организмов и заканчивая селективной обработкой сырья [5,6]. Одним из возможных решений, предложенных нами, является привлечение культур дрожжей для исследования обозначенной проблемы. В процессе обработки субстрата дрожжами они поглощают большую часть ионов тяжёлых металлов [7]. Если в дальнейшем использовать метод перегонки, то содержание ионов тяжёлых металлов будет гораздо ниже ПДК. Такой подход порождает второй вопрос: при каких концентрациях ионов тяжелых металлов дрожжи способны эффективно сбрасывать различного состава сусло?

Известным фактом является то, что дрожжи способны к химической биосорбции и детоксикации ионов тяжёлых металлов из различных субстратов [8]. Эти процессы, характерные для дрожжей, позволяют осуществлять одновременно процессы сбрасывания сусла и сорбции тяжёлых металлов из среды, тем самым освобождать конечный продукт от загрязнителя до норм ПДК по тяжёлым металлам.

При определенных условиях дрожжи способны сорбировать ионы тяжёлых металлов. При этом у них не происходит снижения ферментативной активности. Однако высокое содержание тяжёлых металлов является лимитирующим фактором.

Цель исследования: изучить влияние ионов меди и цинка на спиртовое брожение дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, а также определить содержание спирта и тяжёлых металлов в дистиллятах.

В связи с этим были поставлены следующие задачи.

1. Определить ферментативную активность дрожжей в присутствии и отсутствии ионов меди и цинка (по содержанию спирта).
2. Исследовать влияние ионов меди и цинка на спиртовое брожение сусла на основе сахарозы, глюкозы, ячменного солода.
3. Определить концентрацию тяжёлых металлов в дистиллятах.

В исследованиях, проведённых нами, использовались следующие материалы и химические реактивы: 0,1 М растворы CuSO_4 и ZnSO_4 , 12% растворы сахарозы, ячменного солода, глюкозы. Применяемые методы: перегонка, рефрактометрический метод.

Для исследования ферментативной активности дрожжей нами были использованы модельные растворы ячменного солода, сахарозы, глюкозы (с

добавками различных концентраций тяжелых металлов и без) и живые прессованные дрожжи. В исследовании было представлено пять образцов с различными концентрациями тяжёлого металла (один образец – без добавки).

В каждую колбу помещали 10 г прессованных дрожжей и 100 г модельного раствора. Затем колбы закрывали пробками с изогнутыми трубками, концы которых опускали в кристаллизатор с водой (гидрозатвор). Это обеспечило условия для протекания анаэробного процесса брожения, предотвращая проникновение в колбу кислорода из атмосферы. Сбраживание осуществляли при 20 °С от 5 до 7 дней. Полученный продукт брожения перегоняли и определяли содержание этанола в дистилляте. Содержание этилового спирта – один из показателей ферментативной активности дрожжей. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Из данных, представленных на графиках (рис. 1 и 2) видно, что большие концентрации ионов меди и цинка (0,01-0,001 М) особенно сильно подавляют процесс брожения, что сказывается на содержании этанола в конечном дистилляте. Небольшие концентрации ионов меди подавляют процесс брожения слабее, что было заметно, причём в различных субстратах наблюдались отличия. В случае с солодом (многокомпонентного раствора) процесс протекал линейно, в случае с сахарозой и глюкозой линейности не наблюдалось. Вместе с тем, при небольших концентрациях ионов цинка процесс брожения протекал даже эффективнее, чем без добавки ионов цинка.

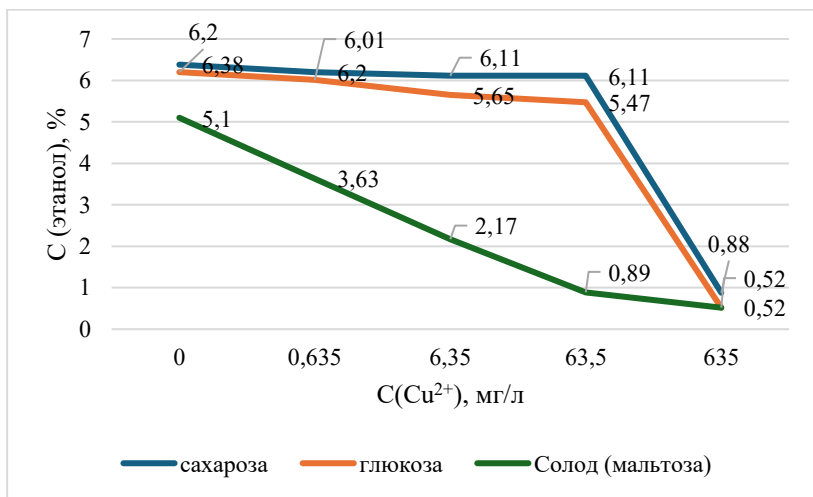


Рисунок 1 – Зависимость ферментативной активности от начального содержания меди в растворе

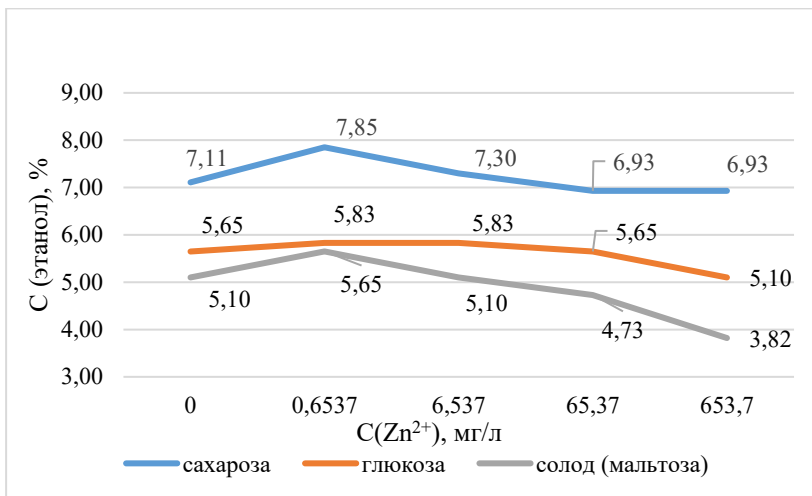


Рисунок 2 – Зависимость ферментативной активности от начальной концентрации ионов цинка в растворе

Затем нами было проведено исследование на предмет определения остаточного количества ионов тяжёлых металлов после перегонки в полученных дистиллятах. Измерение концентрации определилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Полученные результаты представлены на рис. 3 и 4.

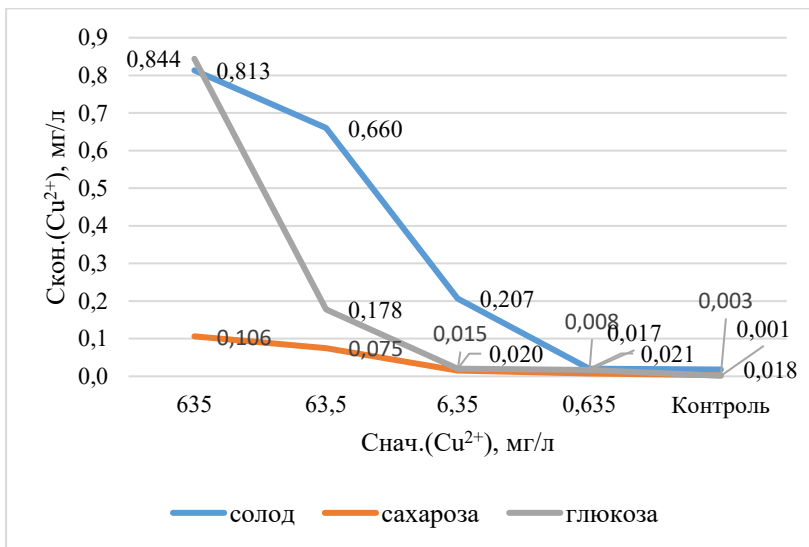


Рисунок 3 – Содержание ионов меди после перегонки

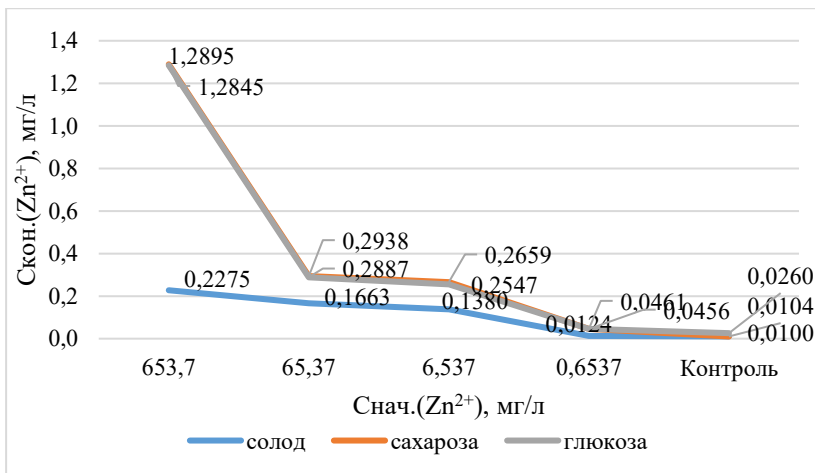


Рисунок 4 – Содержание ионов цинка после перегонки

Из графиков видно, что дистилляты можно использовать в пищевой и фармацевтической промышленности, так как ПДК для слабоалкогольных напитков 5 мг/л (медь), а для настоек – 3 мг/л. Для цинка ПДК в слабоалкогольных напитках 10 мг/л, а в крепком алкоголе, например, в роме – 0,1 мг/л.

Выводы.

1. По содержанию спирта в конечном продукте определили ферментативную активность дрожжей в присутствии тяжелых металлов.

2. Исследование влияния тяжелых металлов на процесс спиртового брожения показал, что большие концентрации ионов цинка и меди (0,01 – 0,001) подавляют процесс брожения. Маленькие концентрации ионов меди мало влияют, а вот ионы цинка наоборот усиливают процесс брожения.

3. Определили остаточное количество содержания ионов тяжелых металлов в дистиллятах. Результаты показали, что конечные концентрации не превышают норму и полученные дистилляты могут применяться в промышленности.

Заключение: Исходя из полученных положительных результатов, данное направление перспективно и требует дальнейших более детальных исследований. В частности, необходимо изучение показателей кинетики, эффективности сорбции ОЭС, ДОЕ, СОЕ и величин адсорбции для различных ионов металлов в широком диапазоне концентраций, для различных субстратов.

Список литературы:

1. Лебедева, С.В. Оценка содержания тяжелых металлов в зерновых культурах Оренбургской области / Лебедева С.В., Сальникова Е.В., Радионова Г.Б. – Вестник ОГУ. – 2011. – №12 (131). – С. 407-409.
2. Коряков, А.Е. Воздействие предприятий металлургической промышленности на почву и пути его снижения / А.Е. Коряков, А.А. Шишкина, П.А. Шишкина // Известия Тульского Государственного Университета. Технические науки. – 2019. – №9. – С. 371-375.
3. Evaluation of potential toxic metals accumulation in wheat irrigated with wastewater / K. Ahmad, K. Wajid, Z.I. Khan [и др.] // Bull. Environ. Contam. Toxicol. –102(6), 822-828. doi: 10.1007/s00128-019-02605-1.
4. Кузнецова, Е.А. Распределение токсичных элементов в зерновом сырье и снижение их содержания при применении ферментных препаратов/ Е.А. Кузнецова, Л.В. Черепнина, А.А. Щербакова // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12-1. – С. 91-92.
5. Comparative transcriptome profiling of two Brassica napus cultivars under chromium toxicity and its alleviation by reduced glutathione / A. Gill R., B. Ali, P. Cui [и др.] // BMC Genomics. – 17, 885. – doi: 10.1186/s12864-016-3200-6.
6. Hassan, J., Rajib, M. M. R., Sarker, U., Akter, M., Khan, M. N. A., Khandaker, S., et al. (2022). Optimizing textile dyeing wastewater for tomato irrigation

through physiochemical, plant nutrient uses and pollution load index of irrigated soil. Sci. Rep. 12, 10088. doi: 10.1038/s41598-022-11558-1

7. Garanin, R. Absorption of copper ions from aqueous solutions by yeast crops / R. Garanin, I. Lykov // The scientific heritage. – 2021. – VOL. 3. – №. 80. С. 7-10. <http://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2021/12/The-scientific-heritage-No-80-80-2021-Vol-3.pdf> (дата обращения: 09.04.2025).

8. Третьяк, Л.Н. Миграция химических элементов в технологическом производстве пива / Л.Н. Третьяк, А.В. Скальный, Е.М. Герасимов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. – №5-6 (311-312). – С. 24-26.

УДК 544.015.5:543.554.6:533.583.2

Кинетика сорбции ионов меди из водных растворов нативной и модифицированной соломой овсяной

Е.С. Захарова, А.Е. Васюков

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Изучена кинетика сорбции ионов меди образцами нативной и модифицированной щелочью соломой овсяной при однократной и многократной сорбции и установлен основной эффект модификации – увеличение скорости сорбции модифицированной соломой в первые 20 минут сорбции. В условиях эксперимента 99 % очистка модельного раствора от ионов меди достигается при пятикратном обновлении сорбента.

Ключевые слова: солома овсяная, кинетика сорбции ионов меди, модификация соломой, потенциометрия.

Kinetics of copper ion sorption from aqueous solutions of native and modified oat straw

E.S. Zakharova, A.E. Vasyukov

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The kinetics of copper ion sorption by samples of native and alkali-modified oat straw during single and multiple sorption has been studied and the main effect of modification has been established – an increase in the sorption rate of modified straw in the first 20 minutes of sorption. Under experimental conditions, 99% purification of the model solution from copper ions is achieved with a five-fold renewal of the sorbent.

Keywords: oat straw, kinetics of copper ion sorption, modification of straw, potentiometry.

Введение.

Применение отходов растительного сырья в качестве сорбентов для очистки вод от ионов тяжёлых металлов считается перспективным методом. [1-3]. Примером такого растительного сорбента может служить солома овсяная (стебли соломы, плодовые оболочки зёрен). Перспективным направлением при поиске подходящего сырья является различные варианты модифицирования потенциальных сорбентов с целью повышения их сорбционных характеристик, в том числе увеличения скорости процесса сорбции и повышения сорбционной ёмкости. Методы модифицирования соломы для увеличения сорбционных характеристик разнообразны и довольно трудоёмки, но окончательный ответ на вопрос о ее эффективности ещё не полностью убедителен. Отмечено, что для ионов меди, цинка, кадмия и свинца повышение сорбционной ёмкости шелухи зерен овса до значений 56,0, 91,1 и 86,0 мг/г достигнуто путем обработки слабоконцентрированными растворами серной кислоты [1].

Цель работы: сопоставить кинетические и сорбционные характеристики нативной и модифицированной соломы овсяной для извлечения ионов меди из модельных растворов.

Материалы и методы исследования. Материалами для исследования служили образцы нативной соломы овсяной (CO_n) и модифицированной соломы овсяной (CO_m), которая была собрана с поля в Калужской области. Отбирали только стебли соломы, резали их на кусочки длиной 1-2 см и измельчали на кофемолке. Затем вымывали растворимые вещества из нативной соломы с помощью горячей дистиллированной воды 12-ю пропорциями по 400 мл на 20 г соломы до получения бесцветного раствора, после чего образцы соломы высушивали в сушильном шкафу при 90 °С.

Для модификации брали перемолотую нативную солому массой 16,0 г помещали в плоскодонную колбу с воздушным холодильником, приливали 400 мл раствора NaOH с концентрацией 0,5 моль/л, после чего колбу ставили на водяную баню на 1 час при температуре 90°С, периодически перемешивали содержимое. После снятия с водяной бани сливали щелочной раствор и промывали образец соломы горячей дистиллированной водой порциями по 200 мл до нейтральной реакции промывной воды. Модифицированную солому высушивали в сушильном шкафу при 90 °С.

Для определения концентрации ионов меди использовали медьселективный электрод ХС-Cu-001 фирмы ООО «Сенсорные системы».

Электродом сравнения служил ЭВЛ-1М3 в комплекте с потенциометром Арион-4100.

Исследования проводили по двум вариантам. По первому (однократная сорбция) в ёмкость помещали 300 мл раствора нитрата меди с $C=1,0 \times 10^{-3}$ моль/л и чайный пакетик с 2,0 г CO_n или CO_m . При постоянном перемешивании через каждые 5 минут в течение 1 часа измеряли потенциал электродной системы и рассчитывали концентрации ионов меди.

Во втором варианте (многократная сорбция) использовали 4 ёмкости, в которые помещали по 200 мл раствора нитрата меди с $C=3,0 \times 10^{-3}$ моль/л. В 1 ёмкость погружали чайный пакетик с 1,5 г CO_m на 15 минут и переносили его во 2-ю ёмкость, откуда через 15 минут переносили в 3-ю ёмкость и т.д. Одновременно 2-й пакетик после изъятия 1-й погружали в 1-ю ёмкость на 15 минут и аналогично 1-му последовательно переносили в другие ёмкости. Использовали пять пакетиков CO_m . После каждого изъятия сорбента из ёмкости измеряли электродный потенциал и рассчитывали концентрации ионов меди.

Результаты и их обсуждение.

На рисунке 1 представлены кинетические кривые сорбции ионов меди образцами нативной и модифицированной соломой овсяной в условиях варианта 1.

Расчёты показали, что по истечению часовой сорбции адсорбционная ёмкость образца CO_n составила 9,5 мг/(г×час), а для образца CO_m – 10,0 мг/(г×час), что указывает на практическое отсутствие различий в сорбционной способности между нативной и модифицированной соломой.

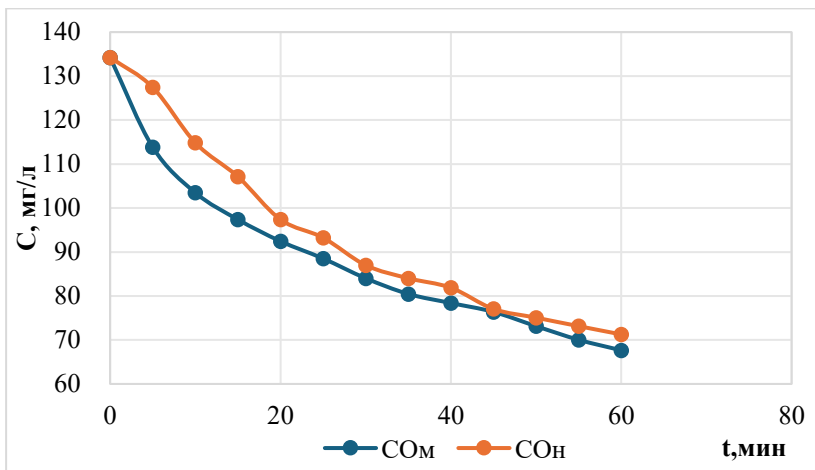


Рисунок 1 – Динамика сорбции ионов меди образцами CO_Н и CO_М

В то же время, как следует из рисунка 1, на кривых сорбции можно выделить два участка. Первый участок, полученный в первые 20 минут, имеет нелинейный характер, а также существенные различия в скоростях сорбции исследованными образцами CO_Н и CO_М. На втором участке, в интервале времени от 20 до 60 минут, эти различия практически исчезают.

Результаты статистической обработки показывают, что скорость сорбции образцом CO_М на 26 % выше, чем скорость сорбции образца CO_Н. (рисунок 2). Это преимущество модифицированной соломы над нативной может быть использовано для повышения эффективности процесса сорбции, что и было сделано в условиях эксперимента по варианту 2.

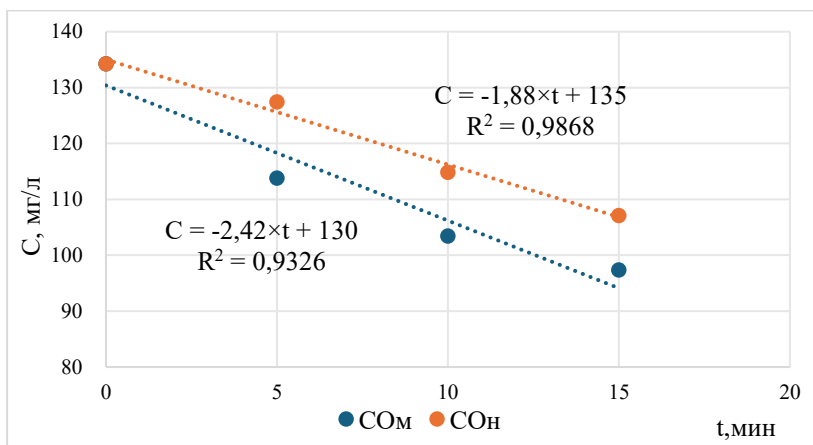


Рисунок 2 – Динамика сорбции ионов меди образцами СО_н и СО_м в интервале времени от 0 до 20 минут

На рисунке 3 приведены кривые изменения концентрации ионов меди в 4-х исследованных растворах при многократной сорбции образцами СО_м в условиях варианта 2.

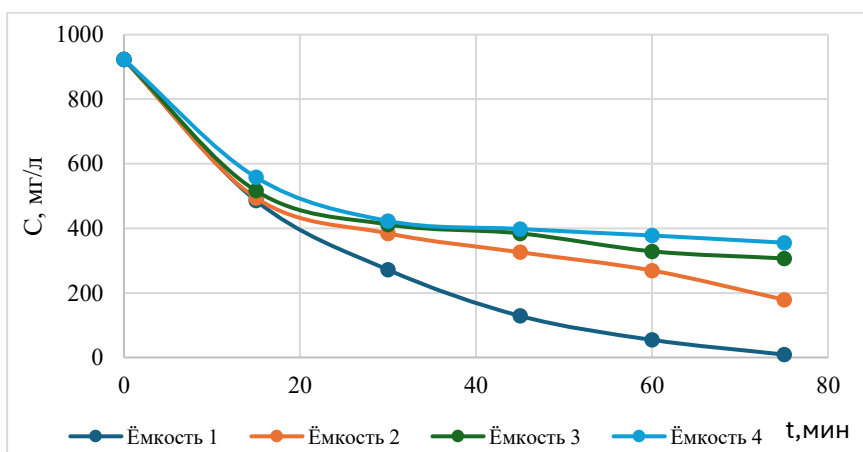


Рисунок 3 – Динамика концентрации ионов меди в исследованных растворах при многократной сорбции образцами СО_м в условиях варианта 2

Как следует из полученных данных, в первом растворе при пятикратном внесении нового пакетика с образцом CO_M концентрация ионов меди равномерно уменьшается и в конце практически близка к нулевому значению. Расчёты показали, что в этом случае в модельном растворе из ёмкости 1 достигается извлечение ионов меди на 99 %. В других ёмкостях также происходит существенное извлечение ионов меди образцами CO_M (таблица 1).

Таблица 1 – Процент извлечения ионов меди из 4-х ёмкостей в условиях варианта 2

Время, мин	Ёмкость 1		Ёмкость 2		Ёмкость 3		Ёмкость 4	
	t, мин	%	t, мин	%	t, мин	%	t, мин	%
0	0	0	-	-	-	-	-	-
15	15	41	0	0	-	-	-	-
30	30	63	15	37	0	0	-	-
45	45	84	30	50	15	36	0	0
60	60	93	45	58	30	48	15	33
75	75	99	60	67	45	54	30	47
90	-	-	75	78	60	60	45	52
105	-	-	-	-	75	64	60	57
120	-	-	-	-	-	-	75	59

Выводы.

1. Исследована динамика сорбции ионов меди образцами нативной и модифицированной соломы овсяной по двумя методами: однократная сорбция с использованием 1 пакетика сорбента в течение 1 часа и многократная сорбция с использованием 5 пакетиков с последовательным погружением на 15 минут в четыре ёмкости.

2. Установлен основной эффект модификации, который заключается в увеличении скорости сорбции модифицированной соломы в первые 20 минут на 26% в сравнении со скоростью сорбции нативной, но в дальнейшем скорости практически одинаковы. Адсорбционная ёмкость соломы в течение 1 часа составила для нативной – 9,5 мг/г, а для модифицированной – 10,0 мг/г.

3. При многократной сорбции в условиях эксперимента (200 мл раствора нитрата меди с $C=3,0 \times 10^{-3}$ моль/л и 1,5 г модифицированной соломы) 5 пакетиков с периодом погружения 15 минут очищали 1-й раствор

на 99%, 2-й – 78%, 3-й – 64% и 4-й – 59%, что может быть использовано для очистки медьсодержащих водных растворов.

4. Учитывая временные и материальные затраты при модификации соломы и несущественное влияние её на адсорбционные характеристики, вызывает сомнения проведение дальнейших исследований по изучению процесса сорбции ионов меди образцами соломы, модифицированной в щелочной среде.

Список литературы:

1. Шайхиев, И.Г. Использование отходов от переработки ячменя в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред (обзор литературы) / И.Г. Шайхиев, О.А. Гальблауб, А.С. Гречина // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. №23. – С. 110-125.
2. Использование растительных отходов в очистке сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами / О.А. Самодолова, А.П. Самодолов, Д.В. Ульрих Д.В. [и др.] // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. №5. – С. 747-758.
3. Сорбция ионов тяжелых металлов из водных сред, полисахаридными материалами / Т.Е. Никифорова, С.В. Натареев, В.А. Козлов. [и др.] // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 4 [Электронный ресурс]. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/04/81549> (дата обращения: 25.03.2025).

УДК 661.183.2

Отходы молотого кофе как потенциальный энтеросорбент

А.В. Мешалкин, А.И. Васина

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Предметом настоящего исследования является процесс адсорбции метиленового голубого (МГ) отходами молотого кофе (ОМК) с целью их утилизации и возможного применения в качестве энтеросорбента. По результатам исследования установлено, что адсорбция МГ на изученных сорбентах является мономолекулярной хемосорбцией и может быть описана уравнениями Ленгмюра и Фрейндлиха; величины предельной адсорбции МГ и удельной активной поверхности ОМК заметно превышают соответствующие значения для двух энтеросорбентов на основе природных полимеров промышленного производства: Сорбента Экстра импловит и Полифепама.

Ключевые слова: адсорбция, отходы молотого кофе, метиленовый голубой, энтеросорбенты, изотерма адсорбции, уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха, уравнение Дубинина-Радушкевича.

Ground coffee waste as a potential enterosorbent

A.V. Meshalkin, A.I. Vasina

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The subject of this study is the process of adsorption of methylene blue (MG) by ground coffee waste (OMC) with a view to their possible use as an enterosorbent. According to the results of the study, the adsorption of MG on the studied sorbents is monomolecular, is chemisorption and can be described by the Langmuir and Freundlich equations; the values of the maximum adsorption of MG and the specific active surface of OMK significantly exceed the corresponding values for the two enterosorbents of industrial production.: Extra implovit sorbent and Polyphepam.

Keywords: adsorption, ground coffee waste, methylene blue, enterosorbents, adsorption isotherm, Langmuir and Freundlich equations, Dubinin-Radzhdankevich equation.

Введение. Серьезной проблемой современности является интоксикация организма, возникающая при острых экзогенных и хронических эндогенных отравлениях токсичными веществами. Основным методом лечения экзо- и эндогенных отравлений является метод энтеросорбции, основанный на способности лекарственных препаратов – энтеросорбентов связывать и выводить токсичные вещества из организма.

Энтеросорбенты – это продукты, эффективно связывающие в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) эндогенные и экзогенные соединения, надмолекулярные структуры и клетки, предотвращая их попадание в кровь. Энтеросорбция относится к методам эфферентной терапии, обеспечивающей выведение из организма различных патологических продуктов и субстратов при заболеваниях, сопровождающихся развитием синдрома интоксикации организма [1-6].

Энтеросорбенты способны непосредственно сорбировать яды, эндо- и ксенобиотики. Связывание этих соединений начинается в желудке; в тонкой кишке сорбируются вещества, принятые перорально с пищей, а также компоненты секретов слизистой оболочки, печени, поджелудочной железы: ферменты, регуляторные пептиды, простагландины, серотонин, гистамин и другие метаболиты, избыток которых наблюдается при патологических

процессах в организме и которые поступают в просвет кишки из кровеносных сосудов и с желчью. Энтеросорбенты связывают также микробные клетки патогенных штаммов и их токсины. Связывание токсинов микробного, эндо- и экзогенного происхождения способствует уменьшению нагрузки на органы детоксикации и экскреции.

Важнейшими медицинскими требованиями к современным энтеросорбентам являются высокая сорбционная емкость по отношению к удаляемым компонентам и способность сорбировать разного размера и массы молекулы и бактериальные клетки, отсутствие токсического и травматического воздействия на слизистые оболочки ЖКТ; они должны хорошо эвакуироваться из кишечника и не вызывать потери полезных ингредиентов, не оказывать отрицательного воздействия на процессы секреции и кишечную микрофлору. Энтеросорбенты не должны проникать через слизистую ЖКТ, а препараты для энтеросорбции должны иметь удобную лекарственную форму и обладать хорошими органолептическими свойствами.

В настоящее время широкое распространение получили энтеросорбенты на основе природных полимеров – целлюлозы, лигнина, пектинов, альгинатов [5, 6]. Сорбционные свойства природных полимеров обусловлены наличием у них различных функциональных групп, высокой пористостью и дисперсностью.

Среди пищевых отходов, обладающих сорбционными свойствами с потенциальными возможностями их использования в качестве энтеросорбентов, можно выделить отходы молотого кофе после его использования в процессе приготовления соответствующего напитка. В состав кофейных зерен входят природные полимеры с потенциальными сорбционными свойствами такие, как целлюлоза, пектины, крахмал (табл. 1).

Структура сырого кофейного зерна – это трехмерная матрица из полисахарида целлюлозы. Нити целлюлозы внутри этой матрицы покрыты сотнями химических веществ, которые в процессе обжарки трансформируются в масла и растворимые соединения, от которых зависит букет заваренного кофе [7].

Во время обжарки в кофейных зернах протекают различные химические реакции, в том числе реакции Майяра и карамелизации, вызывающие покоричневение зёрен, и создающие сотни новых соединений. Кроме того, процесс обжарки делает зерна хрупкими, что облегчает их размол, и достаточно пористыми, чтобы вода могла проникнуть и экстрагировать их растворимый букет. Чуть более одной трети всех веществ обжаренного кофе растворимо в воде. Надлежащее заваривание позволяет

экстрагировать в напиток примерно 19-22% от всей массы обжаренного кофе или 55-60% от его растворимого материала.

Таблица 1 – Ориентировочный химический состав зерен кофе [7]

Компоненты	Содержание в зернах кофе, %	
	зеленые	обжаренные
Целлюлоза	31	32
Крахмал, пектины	13	15
Протеины	12	13
Растворимые углеводороды	9	10
Масла	11	13
Нелетучие кислоты	9	10
Вода	12	2
Кофеин	1	1

Свежеобжаренный кофе содержит примерно 2% мас. углекислого и других газов. Внутризеренное давление приводит к медленной десорбции газов в течение многих недель после обжарки. После истечения некоторого времени углекислый газ исчезает и начинается окисление, приводящее к черствлению кофе и распаду его букета.

На первом этапе изучения потенциальных энтеросорбентов используют вещества-маркеры, моделирующие по своим физико-химическим свойствам различные токсиканты. Среди маркеров низкомолекулярных токсинов (до 500 а.е.м.) широко известен метиленовый голубой (3,7-бисдиметиламинофенотиоцианит хлорид, МГ), использованный в рамках настоящего исследования [6, 8]. Молекулярная масса МГ составляет 319,65; площадь, занимаемая молекулой МГ в адсорбционном слое (s_o) составляет 2,08 нм².

Величину адсорбции определяют посредством спектрофотометрического измерения убыли концентрации красителя в растворе после достижения адсорбционного равновесия. Для описания процесса адсорбции на границе твердое тело – раствор наиболее часто используют уравнения изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича и др. [9].

Объектом настоящего исследования были отходы среднеобжаренного молотого кофе преимущественно ботанического вида Арабика (средний помол, после заваривания кипятком в чашку). Отходы многократно

промывались дистиллированной водой до исчезновения коричневой окраски, высушивались до постоянного веса при температуре 105 ± 5 °С и использовались для определения адсорбционной емкости по МГ. Для сравнения результатов сорбционный процесс также проводили с использованием двух энтеросорбентов на основе природных полимеров промышленного производства, а именно:

Сорбент Экстра импловит: таблетки по 700 мг, содержащие 448,5 мг микрокристаллической целлюлозы; 210,0 мг диоксида кремния, а также крахмал картофельный и кальция стеарат (41,5 мг). Производство ООО «Биотерра», РБ. Перед проведением экспериментов по адсорбции таблетки предварительно измельчались до порошкообразного состояния в фарфоровой ступке с пестиком.

Полифепам: порошок, содержащий от 30 до 50% лигнина гидролизного в пересчете на сухое вещество. Производство ООО «Восток», РФ, Кировская обл.

Методика определения величины адсорбции (A , мг/г; моль/г) и обработка данных. Навески исследуемых образцов сорбентов массой 0,1000 г помещали в стаканы, прибавляли 50 мл раствора МГ с исходной концентрацией ($C_{исх}$, мг/л; моль/л) от 0,2 до 2,0 г/л, периодически перемешивали содержимое взбалтыванием в течение до 180 мин. Равновесную концентрацию (C_p , мг/л; моль/л) определяли методом сравнения путем отбора соответствующих аликвот, последующим их разбавлением дистиллированной водой и фотометрированием при длине волны 660 нм в кюветках 1 см.

Величину адсорбции (адсорбционная емкость, адсорбционная активность) рассчитывали по формуле: $A = (C_{исх} - C_p) \theta, 05 / 0,1$. Полученные данные обрабатывали в соответствии с общепринятыми в коллоидной химии приемами: построение кинетических кривых и изотерм адсорбции, нахождение констант в уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радускевича путем линеаризации соответствующих зависимостей с использованием программы MS Excel. Удельную активную поверхность сорбентов ($S_{уд}$, м²/г) рассчитывали по формуле: $S_{уд} = A_{\infty} N_A s_o$, где A_{∞} - величина предельной адсорбции, моль/г; N_A - число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23}$; $s_o = 2,08 \cdot 10^{-18}$ м² [9].

Результаты и их обсуждение. Как следует из представленных на рис. 1 кинетических кривых адсорбции, время насыщения активной поверхности всех адсорбентов молекулами МГ находится в пределах до 180 мин. Достижение максимальных значений для лекарственных средств Сорбент Экстра импловит и Полифепам происходит в пределах первых 100 мин, а

выход на плато, соответствующий максимальному насыщению ОМК, занимает около 150 мин.

Для изотерм адсорбции всех трех сорбентов характерно наличие выпуклого относительно оси равновесных концентраций срединного участка изотермы, который связан с постепенным заполнением активной поверхности сорбентов молекулами МГ с ростом его концентрации (рис. 2). Согласно классификации *Giles CH*, такие изотермы относятся к изотермам Ленгмюра, характеризующим мономолекулярную адсорбцию [10]. В результате линеаризации данных зависимостей $A = f(C_p)$ получены зависимости $\frac{C_p}{A} = f(C_p)$, из которых найдены константы в уравнения

Ленгмюра и Фрейндлиха для каждого из трех сорбентов (тал. 2).

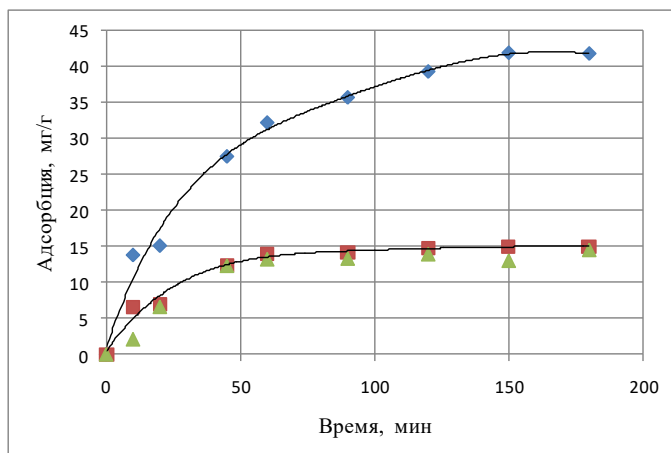


Рисунок 1 – Кинетические кривые адсорбции МГ ОМК (верхняя кривая), сорбентом Экстра импловит и Полифепамом (нижняя кривая)

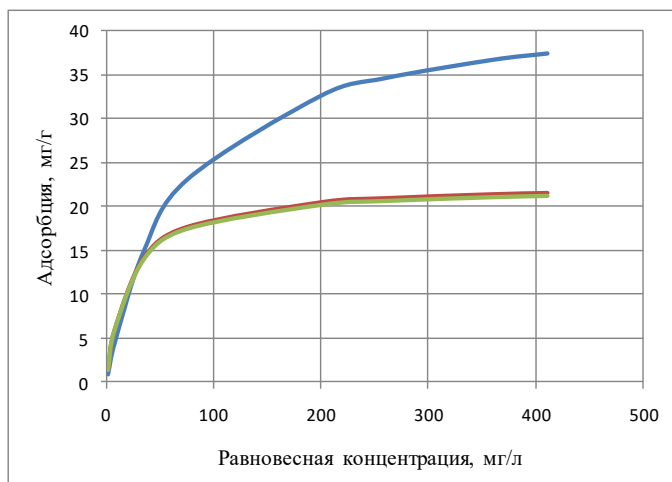


Рисунок 2 – Изотермы (23 °С) адсорбции МГ ОМК (верхняя кривая), сорбентом Экстра импловит и Полифепамом (нижние кривые)

Таблица 2 – Значения констант в уравнения Ленгмюра и Фрейндлиха при адсорбции МГ изученными сорбентами

Сорбент	Уравнение Ленгмюра		Уравнение Фрейндлиха	
	$A_{\infty}, \text{мг/г}$	K	k	$1/n$
ОМК	43,5	0,015	1,72	0,54
Сорбент Экстра импловит	22,7	0,047	3,25	0,34
Полифепам	22,2	0,048	3,54	0,30

Из табл. 2 видно, что величина предельной адсорбции ОМК ($A_{\infty} = 43,5$ мг/г) заметно превышает величину предельной адсорбции как Сорбента Экстра импловит (22,7 мг/г), так и Полифепам (22,2 мг/г). Рассчитанные на основе этих данных значения удельной активной поверхности соответственно также выше у ОМК (табл. 3). Величина средней свободной энергии адсорбции E , рассчитанная по уравнению Дубинина-Радускевича, превышает для всех трех сорбентов значение 8 кДж/моль, что говорит о хемосорбционном механизме взаимодействия адсорбентов и МГ.

Таблица 3 – Сорбционные свойства ОМК в сравнении с некоторыми энтеросорбентами на основе природных полимеров по результатам адсорбции МГ

Сорбент	Влажность, %	A_{∞} , мг/г	$S_{уд}$, м ² /г	E , кДж/моль
ОМК	9,7	43,5	170	11,2
Сорбент Экстра импловит	3,8	22,7	89	12,7
Полифепам	48,5	22,2	87	13,9

По представленным результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- адсорбция МГ на изученных сорбентах является мономолекулярной, и может быть описана уравнениями Ленгмюра и Фрейндлиха;
- механизм взаимодействия всех трех адсорбентов и МГ является хемосорбционным;
- величины предельной адсорбции МГ и удельной активной поверхности ОМК заметно превышают соответствующие значения для Сорбента Экстра импловит и Полифепам.

Полученные данные позволяют надеяться на возможность утилизации ОМК путем их использования в качестве энтеросорбента, однако это требует соответствующих дополнительных исследований.

Список литературы:

1. Энтеросорбция – механизмы лечебного действия / Н.А. Беляков, А.В. Соломенников, И.Н. Журавлева, Л.О. Соломенникова // Эфферентная терапия. – 1997, №2. – С. 20-26.
2. Конорев, М.Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения / М.Р. Конорев // Вестник фармации. – 2013, №4 (62). – С. 79-85.
3. Николаев, В.Г. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия / В.Г. Николаев, С.В. Михайловский, Н.М. Гурина // Эфферентная терапия. – 2005, №4. – С. 3-17.
4. Кормишина, А.Е. Фармацевтический рынок лекарственных средств адсорбционного действия: состояние и перспективы / А.Е. Кормишина, П.Г. Мизина, И.Л. Соловьева // Медицинский вестник Башкортостана. – 2018, №13 (6). – С. 55-62.

5. Хованов, А.В. Современная энтеросорбция для профилактики и лечения аллергических заболеваний / А.В. Хованов // Главный врач. – 2022, № 2 (83). – С. 37-43.
6. Адсорбция метиленового голубого энтеросорбентами различной природы / Лишай А.В., Савитская Т.А., Цыганкова Н.Г. [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. – Химия. – 2021, №1. – С. 58-74.
7. Скотт Рао. Справочник обжарщика кофе / Скотт Рао. – Оттава: Скотт Рао, 2014. – 92 с.
8. Назаргалина, Н.Г. Изучение адсорбционных свойств метиленового голубого ископаемыми углями / Н.Г. Назаргалина, И.Г. Цой, Г.Б. Кенешбаева // Механика и технологии. – 2023, №1 (79). – С. 168-175.
9. Мешалкин, А.В. Коллоидная химия / А.В. Мешалкин, А.Е. Васюков. – Калуга: КГУ им. К.Э. Циолковского, 2024. – 282 с.
10. Giles, CH. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical / CH. Giles, D. Smith, A.A. Huiston // Journal of Colloid and Interface Science. – 1974. – 47 (3). – Pp. 755-765.

УДК 372.854

Исследование возможности оптимизации изготовления отвара коры дуба в бытовых условиях

А.Р. Остренко, Л.В. Донцова, Р.А. Земляной

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В представленной публикации рассматриваются отдельные аспекты изготовления отвара коры дуба в бытовых условиях из лекарственного растительного сырья, представленного в аптеке, а также возможности оптимизации обозначенного процесса. Согласно инструкции, а также ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары», регламентирующих применению данной продукции, для приготовления отвара необходимо использовать водяную баню, что бытовых условиях может вызвать трудности. В домашних условиях также затруднительно осуществление фармацевтического консультирования по технологии изготовления отвара. Поэтому авторами предложено использовать термос для приготовления водного экстракта, который в результате содержит столько экстрактивных веществ, сколько и отвар, приготовленный согласно требованиям инструкции и ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары».

Ключевые слова: экстракция, отвар, перманганатометрия, кора дуба, дубильные вещества.

Study of the possibility of optimizing the production of oak bark decoction in domestic conditions

A.R. Ostrenko, L.V. Dontsova, R.A. Zemlyanoy
Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The presented publication discusses certain aspects of the manufacture of decoction of oak bark in domestic conditions from medicinal plant raw materials presented in a pharmacy, as well as the possibilities of optimizing the indicated process. According to the instructions, as well as the OFS.1.4.1.0018 "Infusions and decoctions", regulating the use of these products, it is necessary to use a water bath to prepare the decoction, which can cause difficulties in domestic conditions. At home, it is also difficult to provide pharmaceutical advice on the technology of decoction production. Therefore, the authors proposed using a thermos to prepare an aqueous extract, which as a result contains as many extractive substances as a decoction prepared in accordance with the requirements of the instructions and OFS.1.4.1.0018 "Infusions and decoctions".

Key words: extraction, decoction, permanganatometry, oak bark, tannins.

На сегодняшний день на фармацевтическом рынке существует устойчивый спрос на лекарственное растительное сырье (ЛРС), применяемое для приготовления настоев и отваров в домашних условиях [1]. На упаковках продаваемого ЛРС приводится содержание инструкции по изготовлению и применению водного извлечения. Изготовление такого водного извлечения (настоя или отвара) соответствует ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». Однако на описание технологии приготовления настоев и отваров вызывает у потребителя ряд проблем, связанных с невозможностью точного соблюдения пропорций (вода:сырье) и режима экстракции (экстрагирование необходимо производить при помощи кипящей водяной бани). Согласно ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары» настоев необходимо выдержать на кипящей водяной бане 15 мин. и далее настаивать в течение 30 мин. Отвар на кипящей водяной бане рекомендуют выдержать 30 мин., а затем настаивать ещё 15 мин. В целом, это требует больших временных затрат, и часто бывает затруднительно в домашних условиях.

В связи с этим в данном исследовании была поставлена цель – оптимизировать процесс получения водных извлечений из коры дуба для домашних условий [5].

Имеется ряд исследований, где изучалась возможность приготовления настоя шиповника при помощи термоса. Исследования подтвердили такую принципиальную возможность [2, 3]. Кора дуба и водные извлечения из неё содержат значительное количество дубильных веществ, а также флавоноидов, таких как кверцетин и др. Поэтому за счет содержания дубильных веществ отвар коры дуба применяют как вяжущее средство. В связи с этим нами было предложено применение методики, основанной на ОФС.1.5.3.0008 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения» (по методу 1) [4].

Материалы и методы.

Оценку содержания суммы биологически активных веществ (БАВ) в водном извлечении оценивали прямой перманганатометрией. Выбор метода был связан с тем, что большинство экстрагируемых БАВ, извлекаемых из него водой, обладает вяжущими свойствами, в частности, флавоноиды и дубильные вещества, и подвержено окислению. За основу эксперимента была взята методика из ОФС.1.5.3.0008, метод 1 [4].

В исследовании нами осуществлялось сравнение фармакопейного настоя из коры дуба, заваренной коры дуба (залитая кипятком кора) и настоек, приготовленных в термосе. Измерение экстрагируемых БАВ проводили в ряде временных точек (1, 2 и 3,5 ч. от начала эксперимента), поскольку исследования других авторов подтвердили значительное увеличение времени экстракции по сравнению с фармакопейным приготовлением как возможное направление оптимизации технологии [2, 3].

Все водные извлечения готовились нами в одинаковой пропорции сырья и воды, в частности: 1:10. Количественный анализ проводился по следующей методике: 6 мл полученного извлечения помещалось в коническую колбу для титрования на 250 мл с 100 мл воды, далее добавляли 10 мл 10% серной кислоты и раствор индикатора индигокармин. Титрование проводили до образования золотисто-желтого окрашивания 0,1н раствором перманганата калия. Фиксировался объем титранта.

Результаты.

В ходе исследований нами был приготовлен отвар коры дуба в соответствии с требованием ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». Нами также был приготовлено заваренное сырье. Навеска сырья заливалась кипятком в том же соотношении, что и отвар (1:10) [5]. Аналогичным образом было получено водное извлечение в термосе.

Количество потраченного раствора перманганата калия (на титрование образцов) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем потраченного 0,1н раствора перманганата калия (на титрование образцов)

Объём 0,1н раствора калия перманганата, мл				
Заварено	Отвар ОФС	1 час	2 часа	3,5 часа
3,8	4,4	1,5	3,9	4,9
4	4,7	2,2	3,9	4,8
4	4,3	2,3	4,5	5
$3,93 \pm 0,12$	$4,47 \pm 0,21$	$2 \pm 0,44$	$4,1 \pm 0,35$	$4,9 \pm 0,1$

Динамика экстракции коры дуба в термосе представлена на рисунке 1.

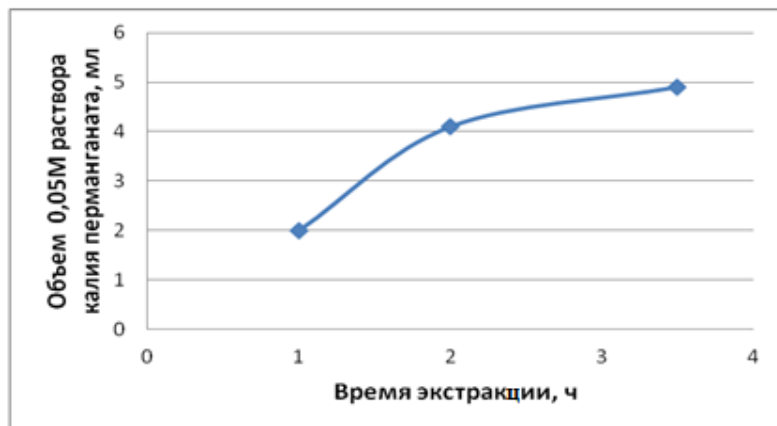


Рисунок 1 – Зависимость объема затраченного титранта от времени экстракции

Разница (в %) проанализированных образцов относительно фармакопейного отвара коры дуба представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Разница в процентах полученных извлечений относительно фармакопейного отвара коры дуба

Отвар ОФС	Заварено	1 ч.	2 ч.	3,5 ч.
100	87,92	44,74	91,72	109,62

Из полученных данных следует, что простое заваривание не даёт возможности получения водного извлечения, которое требуется в соответствии с требованием ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». В результате не будет обеспечено надлежащее терапевтическое действие. Водное извлечение с характеристиками отвара позволяет получить настаивание коры дуба в термосе согласно ОФС.1.4.1.0018 [5].

Выводы.

Проведенное исследование показало, что при помощи термоса в течение 2-3,5-х часов можно приготовить водное извлечение из коры дуба, содержащее больше экстрагированных веществ, чем отвар, согласно ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». Результаты исследования позволяют рекомендовать использовать заваривание в термосе для получения отвара коры дуба. При этом можно предположить, что интенсификация экстракции грубового и плотного сырья была обусловлена его смачиванием и экстракцией более продолжительное время, чем фармакопейный отвар, который после 30 мин. водяной бани сразу процеживался. Более высокую скорость получения высокой концентрации БАВ при приготовлении отвара, возможно, объясняется наличием более активного конвекционного перемешивания.

В общем, полученная информация в ходе исследований позволит улучшить фармацевтическое консультирование в аптеках, а также упростить приготовления водных извлечений из коры дуба дома в бытовых условиях.

Список литературы:

1. Наниева, М.А. Анализ ассортимента лекарственного растительного фасованного сырья, представленного в аптеках города Владикавказ. Изучение потребительских предпочтений в их выборе / М.А. Наниева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 08–10 декабря 2023 года. – Владикавказ: Веста, 2023. – С. 167-169. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69142892> (дата обращения: 20.03.2025).
2. Изучение влияния технологического режима изготовления водного извлечения из шиповника плодов (*Rosae fructus*) на содержание аскорбиновой кислоты / Ф.В. Собин, Л.К. Коростелева, Т.А. Луткова, Н.В. Дозморова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2022. – Т. 11, № S4. – С. 64-67. – DOI 10.33380/2305-2066-2022-11-4(1)-64-67. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49999763> (дата обращения: 20.03.2025).
3. Исследования по оптимизации режима экстракции аскорбиновой кислоты из плодов шиповника / Е.Е. Зотова, Е.И. Рябинина, Ю.И. Конорева, А.Д. Сальникова // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2024. – Т. 27, №2. – С. 94-102. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67926367> (дата обращения: 20.03.2025).
4. ОФС.1.5.3.0008 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения». – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-5/1-5->

[1/opredelenie-soderzhaniya-dubilnykh-veshchestv-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennykh-sred/](https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-4/1-4-1-lekarstvennye-formy/nastoi-i-otvary/) (дата обращения: 20.03.2025).

5. ОФС.1.4.1.0018 «Настои и отвары». – URL:<https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-4/1-4-1-lekarstvennye-formy/nastoi-i-otvary/> (дата обращения: 20.03.2025).

6. Сравнительная характеристика химического состава экстрактов коры дуба обыкновенного (черешчатого) (*oerugrobur* L, семейство буковые – *fogacae*) (сообщение VI) / В.В. Платонов, Г.Т. Сухих, В.Е. Франкевич [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 94-97. – DOI 10.24411/1609-2163-2020-16630. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43152790> (дата обращения: 20.03.2025).

УДК 543.645

Исследование экстрактов лишайника цетрария исландская (*Cetraria islandica*)

Ю.С. Никулина, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Методом проведения качественных реакций установлено возможное наличие фенольных соединений и дубильных веществ в экстрактах лишайника *Cetraria islandica*. Определено общее содержание восстанавливающих соединений, которые могут обладать антиоксидантной способностью. Установлено содержание полисахаридов в исследуемом объекте. Выделена усниновая кислота и проведена её дальнейшая идентификация по ИК-спектру. Для проведения исследования методом тонкослойной хроматографии был подобран наиболее подходящий элюент, проведено сравнение хроматографических профилей экстрактов лишайника *Cetraria islandica*, полученных с помощью различных экстрагентов.

Ключевые слова: цетрария исландская, исландский мох, биологически активные вещества, полисахариды, фенольные соединения, дубильные вещества.

Research of extracts of the cetraria Icelandic lichen (*Cetraria islandica*)

Y.S. Nikulina, E.A. Larionov, V.M. Larionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The possible presence of phenolic compounds and tannins in extracts of the lichen *Cetraria islandica* has been established by qualitative reactions. The total

content of reducing compounds that may have antioxidant properties has been determined. The content of polysaccharides in the studied object has been established. Usnic acid was isolated and its further identification by the IR spectrum was carried out. To conduct the study by thin-layer chromatography, the most suitable eluent was selected, and chromatographic profiles of *Cetraria islandica* lichen extracts obtained using various extractants were compared.

Keywords: Icelandic cetraria, Icelandic moss, biologically active substances, polysaccharides, phenolic compounds, tannins.

Введение.

Лишайник цетрария исландская (*Cetraria islandica*) содержит множество компонентов, обладающих различными видами биологической активности: противовоспалительными, противоопухолевыми, противомикробными, вяжущими, бактерицидными [1, 2]. Наиболее известна усниновая кислота, обладающая антибиотической активностью и содержащаяся не только в данном виде лишайника, но и в некоторых других видах.

Целью проведенных работ было изучение свойств экстрактов цетрарии исландской, подбор оптимальных условий для исследований такого рода объектов методом тонкослойной хроматографии.

Во всех исследованиях использовалась цетрария исландская (*Cetraria islandica*) производителя «Русские корни».

Исследование методом проведения качественных реакций.

Готовились водные и спиртовые (этанол, 95%) экстракты лишайника *Cetraria islandica*. Получение сведений о составе исследуемых объектов было осуществлено проведением качественных цветных реакций, позволяющих обнаружить основные группы биологически активных веществ в водных и спиртовых экстрактах лишайника *Cetraria islandica*. Результаты проведения качественных реакций свидетельствуют о присутствии фенольных соединений, дубильных веществ, полисахаридов в экстрактах исследуемого растения. Характер окрашивания раствора после взаимодействия с реагентами позволяет предположить, какое строение имеют входящие в состав группы веществ. В экстрактах возможно присутствие флавонолов, флаванонов, флавонов класса флавоноидов, дубильных веществ конденсированного строения, а также фенолокислот.

Определение содержания экстрактивных веществ.

Содержание экстрактивных веществ проводилось в экстракте, полученном по методу, изложенному на первичной упаковке лишайника. Была взята навеска массой $1 \pm 0,0001$ г, затем образец был залит кипящей

водой (100 мл) и поставлен настаиваться в течение 30 минут (согласно инструкции по применению, изложенной на упаковке продукта). Появилось светло-желтое окрашивание и легкий травянистый запах, похожий на чай. Полученный раствор был отфильтрован, а затем объемом по 10 мл помещен в предварительно взвешенные стаканчики, которые в дальнейшем были помещены в сушильный шкаф при температуре 105°C и находились там до полного испарения воды, далее оставшийся сухой остаток был взвешен. Среднее содержание экстрактивных веществ в экстракте составило 1,05 мг/мл.

Оценка количества восстанавливающих соединений.

Была проведена оценка антиоксидантной активности экстрактов лишайника цетрарии исландской. Для анализа были использованы спиртовой и водный экстракты, приготовленные в соотношении масса сырья/ объем растворителя – 1:10. Методика определения антиокислительной активности основана на титровании раствора, состоящего из воды, серной кислоты и перманганата калия исследуемыми экстрактами [3]. Количественной характеристикой содержания веществ восстанавливающего характера в пересчете на кверцетин является коэффициент В. Чем больше показатель активности В, тем выше антиокислительная способность. Значение показателя активности В (мг/мл) рассчитывали по формуле 1:

$$B = \frac{0,25}{V_x} \quad (1),$$

где: 0,25 – масса кверцетина, соответствующая 1 мл 0,05 н КМnO₄,
V_x – объём экстракта, затраченный на титрование, мл.

С помощью перманганатометрического титрования определено общее содержание восстанавливающих соединений, которые могут обладать антиоксидантной способностью. Полученные результаты свидетельствуют о том, что спиртовые извлечения (показатель активности В=0,16 мг/мл) таких соединений содержат больше, чем водные экстракты (показатель активности В=0,11 мг/мл).

Определение количества полисахаридов.

Спектрофотометрическими методами (метод Дрейвуда и метод с пикриновой кислотой по ОФС.1.2.3.0019.15) было установлено содержание полисахаридов в исследуемом объекте, оно составило 0,15 мг/мл.

Выделение усниновой кислоты.

Была выделена усниновая кислота и проведена её дальнейшая идентификация по ИК-спектру [2]. Идентификацию усниновой кислоты проводили по ИК-спектрам поглощения на ИК-фурье спектрометре модели Perkin Elmer Spectrum Two. Идентификация проводилась по спектральным базам ЭКЦ УМВД КО. Установлено совпадение с библиотечным спектром (87,80%).

Исследование методом тонкослойной хроматографии

Для проведения исследования методом тонкослойной хроматографии был подобран наиболее подходящий элюент: ацетон/этанол/муравьиная кислота/толуол (0,5:0,5:1:8), было проведено сравнение хроматографических профилей экстрактов (гексан, бензол, ацетон, этанол, хлороформ), значения R_f приведены в таблице 1. В результате установлено, что спиртовой и ацетоновый экстракты *Cetraria islandica* содержат большее количество зон адсорбции, чем другие экстракты (бензол, гексан, хлороформ), а значит, являются более подходящими экстрагентами для извлечения биологически активных веществ.

Таблица 1 – Значение R_f зон адсорбции экстрактов *Cetraria islandica* в элюенте ацетон/этанол/муравьиная кислота/толуол (0,5:0,5:1:8) на пластинках Sorbfil ПТСХ-П-В-УФ

Гексан	Бензол	Ацетон	Этанол	Хлороформ
Цвет / R_f				
Голубой/0,85	Розовый/0,70	Желтый/0,06	Жёлтый/0,07	Розовый/0,73
Красный/0,96	Голубой/0,85	Серый/0,24	Серый/0,40	Серый/0,85
-	Красный/0,95	Серый/0,37	Серый/0,49	Голубой/0,88
-	-	Серый/0,44	Розовый/0,65	Красный/0,95
-	-	Серый/0,47	Голубой/0,84	-
-	-	Серый/0,54	Красный/0,94	-
-	-	Розовый/0,70	-	-
-	-	Голубой/0,84	-	-
-	-	Красный/0,9	-	-

Дополнительно было проведено двумерное хроматографирование ацетонового экстракта двух элюентах, первое элюирование производилось в системе 1: ацетон/этанол/муравьиная кислота/толуол (0,5:0,5:1:8), второе в системе 2: бензол/этанол/триэтиламин (9:1:1). Было выявлено наложение двух компонентов друг на друга при первом элюировании, которые в ходе второго элюирования были разделены.

Таким образом, проведение качественных реакций позволяет предположить наличие биологически активных фенольных соединений. Водный экстракт, полученный способом, рекомендуемым на упаковке, содержит незначительное количество экстрактивных веществ (1,05 мг/мл). Вода и этанол извлекают восстанавливающие соединения, показатель активности В таких экстрактах составляет, соответственно, 0,11 мг/мл и 0,16 мг/мл. Ацетон извлекает наибольшее количество компонентов из цетрарии исландской.

Список литературы:

1. Жилиева, В.В. Изучение химического состава цетрарии исландской с целью создания геля для наружного применения / В.В. Жилиева, Н.А. Криштанова, Е.А. Климкина // Инновации в здоровье нации: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 10-11 ноября 2015 года. – Санкт-Петербург: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2015. – С. 238-242.
2. Идентификация биологически активных веществ в слоевище *Cetraria Islandica* / А.А. Коберник, И.А. Кравченко, Е.Ф. Червоненко [и др.] // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2015. №2. – С.144-148.
3. Патент № 2170930 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50, G01N 33/52. Способ определения антиокислительной активности: №2000111126/14: заявл. 05.05.2000: опубл. 20.07.2001 / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов [и др.]; заявитель Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2170930C1_20010720 (дата обращения: 12.04.2025).
4. Воробьева, Е.В. Исследование антиокислительных свойств усниновой кислоты и ее реэкстрактов / Е.В. Воробьева, Н.И. Дроздова // Свиридовские

чтения: сборник статей / ред.: О.А. Ивашкевич (пред.) [и др.]. – Минск: 2023. – №. 19. – С. 69-83.

УДК 615.074

Оценка качества линиментов на основе месульфамида

В.В. Парамонов, А.В. Ребрина

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

В условиях стремительного развития фармацевтического рынка наблюдается активное появление новых производителей и разработка инновационных лекарственных препаратов. Этот процесс обуславливает особую значимость контроля качества лекарственных средств. Объектом исследования данной статьи является линименты, предметом – методы определения месульфамида натрия.

Ключевые слова: месульфамид, линименты, стрептоцид растворимый, тонкослойная хроматография, УФ-спектроскопия, нитритометрия.

Assessment of the quality of liniments based on me sulfamide

V.V. Paramonov, A.V. Rebrina

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University

In the context of the rapid development of the pharmaceutical market, there is an active emergence of new manufacturers and the development of innovative medicines. This process determines the special importance of quality control of medicines. The object of research in this article is liniments, the subject is methods for the determination of sodium mesulfamide.

Keywords: mesulfamide, liniments, streptocide is soluble, thin-layer chromatography, UV spectroscopy, nitritometry.

Введение.

Сульфаниламиды – фармакологическая группа веществ, обладающая противомикробными свойствами. По своей химической структуре они являются амидами сульфаниловой кислоты (рис. 1).

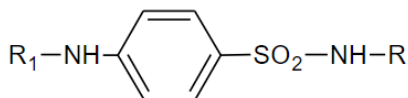


Рисунок 1 – Общая формула сульфаниламидов

Месульфамид натрия – это производное сульфаниламида, обладающее эффективными антибактериальными свойствами. Он состоит из сульфаниламидной группы и метиламиновой группы, к которой присоединена метансульфоновая кислота. Гидрофильная натриевая соль обеспечивает хорошую растворимость в воде, что делает месульфамид натрия (рис. 2) удобным для применения в клинической практике.

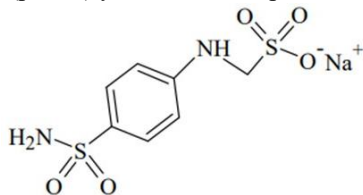


Рисунок 2 – Формула месульфамида натрия

Месульфамид натрия является действующим веществом лекарственного препарата «стрептоцид растворимый», обладающий антимикробным действием. Известно, что в каждом препарате указывается определенное количество действующего вещества, однако его фактическое содержание напрямую влияет на эффективность лекарственного средства. Помимо этого, концентрация действующего вещества может изменяться в зависимости от срока годности.

Экспериментальная часть.

Для оценки качества препаратов, содержащих месульфамид, были исследованы на его содержание следующие 5% линименты: стрептоцид растворимый от производителя АО «Усолье-Сибирский химфармзавод» и производителя АО «Нижфарм».

Для качественного и количественного определения месульфамида натрия использовались методы тонкослойной хроматографии (ТСХ), титриметрического титрования и УФ спектрофотометрии. ТСХ проводили на пластинах силикагеля F₂₅₄. Титриметрическое определение месульфамида проводили методом нитритометрического титрование с помощью 0,1 М раствора NaNO₂ по индикатору тропеолин 00 и метиленовый синий. УФ спектры поглощения снимали на спектрофотометре марки PerkinElmer Lambda 35 в кювете толщиной 10 мм.

Обсуждение полученных результатов.

Определение месульфамида методом ТСХ.

Для анализа применялась следующая подготовка пробы к анализу: 2,5 г линимента помещают в мерную колбу на 25 мл. После прибавляют 5 мл дистиллированной воды и нагревают на водяной бане до расплавления

основы. Затем к полученной эмульсии добавляют 96 % этиловый спирт, доводят им до метки и выдерживают колбу в морозильной камере в течение 5 мин. После колбу нагревают до комнатной температуры и фильтруют [3]. Растворы сравнения и раствор для проверки пригодности хроматографической системы готовят согласно ФС 2.1.0130.18.

Растворы наносят на пластинку со слоем силикагеля и помещают в хроматографическую камеру с элюентом (бутиловый спирт – вода – аммиак водный – этиловый спирт в соотношении 85:10:10:20 по объёму, соответственно). Детектирование месульфамида натрия проводится УФ-излучением при длине волны 269 нм [2].

Было найдено в образце №1 (АО «Усолье-Сибирский химфармзавод») коэффициент удерживания R_f месульфамида натрия составил 0,2, в образце №2 (АО «Нижфарм») R_f также равен 0,2, что соответствует теоретическим данным.

Определение месульфамида натрия методом нитритометрического титрования.

Количественно месульфамид натрия можно определить с помощью нитритометрического титрования. Оно основано на реакции диазотирования амина, который образуется при взаимодействии исходного месульфамида натрия с соляной кислотой, представленной на рисунке 3. В процессе титрования образуется диазосоединение.

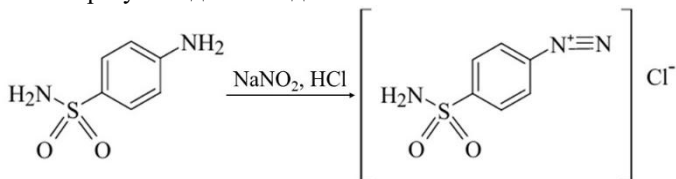


Рисунок 3 – Общая реакция диазотирования сульфаниламидов

Для этого пробу необходимо подготовить: берется навеска линимента 5 г (точная навеска) и помещается в химический стакан вместимостью 300 мл. После ее растворяют в 5 мл 10 % раствора гидроксида натрия и выпаривают при нагревании на водяной бане. К остатку добавляют 10 мл дистиллированной воды и 20 мл 8,3% хлористоводородной кислоты. После кипятят в течение 10 минут, добавляют 50 мл воды и 1 г бромид калия и охлаждают. К полученному раствору добавляют смесь индикаторов (тропеолин 00 и метиленовый синий) и титруют 0,1 М раствором NaNO_2 до перехода окраски от красно-фиолетовой к синей [1].

Расчеты проводили по следующей формуле:

$$X = \frac{(V_T - V_{\text{к.о.}}) \cdot K \cdot T}{m_{\text{н}}} \cdot 100, \dots \dots \dots (1)$$

где V_T – объем титранта, мл.

$V_{к.о.}$ – объем титранта в контрольном опыте, мл (0,45 мл).

K – коэффициент поправки к титру раствора нитрита натрия ($K=0,9941$).

T – коэффициент пересчета (1 мл раствора нитрита натрия с концентрацией 0,1 моль/л соответствует 0,02883 г месульфамида), г/мл.

m_n – масса навески месульфамида натрия.

Таблица 1. Результаты нитритометрического титрования исследуемых образцов

Наименование образца	Номер образца	$m_{навески}$, г	V_T , мл	X , %	$X_{ср}$, %
Стрептоцид растворимый, АО «Усолье-Сибирский химфармзавод»	1	5,0920	9,5	5,09	5,05
	2	5,0218	9,3	5,05	
	3	5,0595	9,3	5,01	
Стрептоцид растворимый, АО «Нижфарм»	1	5,0314	9,1	4,93	4,88
	2	5,0108	8,9	4,83	
	3	5,0140	9,0	4,89	

В линиментах содержание месульфамида должно составлять 90-110 % от заявленного количества. Для стрептоцида растворимого от производителя АО «Усолье-Сибирский химфармзавод» оно составило 101 %, для стрептоцида растворимого от производителя АО «Нижфарм» – 97,6 %. Стоит отметить, что в линименте от производителя АО «Усолье-Сибирский химфармзавод» содержание месульфамида натрия немного больше заявленного, что говорит о высоком качестве препарата.

Определение месульфамида натрия методом спектрофотометрии.

Также для количественного определения используют спектрофотометрию. Данный метод наиболее быстрый и простой, он основан на поглощении молекулами месульфамида в УФ-области спектра. Для анализа необходим стандартный образец с известным содержанием месульфамида натрия.

Методика подготовки проб заключается в следующем: 0,5 г (точная навеска) линимента растворяется в 100 мл смеси спирт 96 % – вода (соотношение 1:9). После отбирается аликвота равная 2,5 мл в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводят объем тем же растворителем. Аналогично готовят раствор стандартного образца: 0,0125 г месульфамида натрия

помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл и растворяют в смеси этилового спирта 96% – вода (соотношение 1:9), доводят этим раствором до метки. Затем 2,5 мл полученного раствора помещают в мерную колбу на 50 мл и до доводят объем тем же растворителем [3].

Месульфамид натрия имеет максимум поглощения при длине волны 269 нм, вероятно, связанный с переходом $n \rightarrow \sigma^*$ аминокруппы, поэтому оптическая плотность полученных раствором измеряется при этой длине волны, толщина кюветы 10 мм.

Спектры поглощения линиментов разных производителей представлены на рисунке 4.

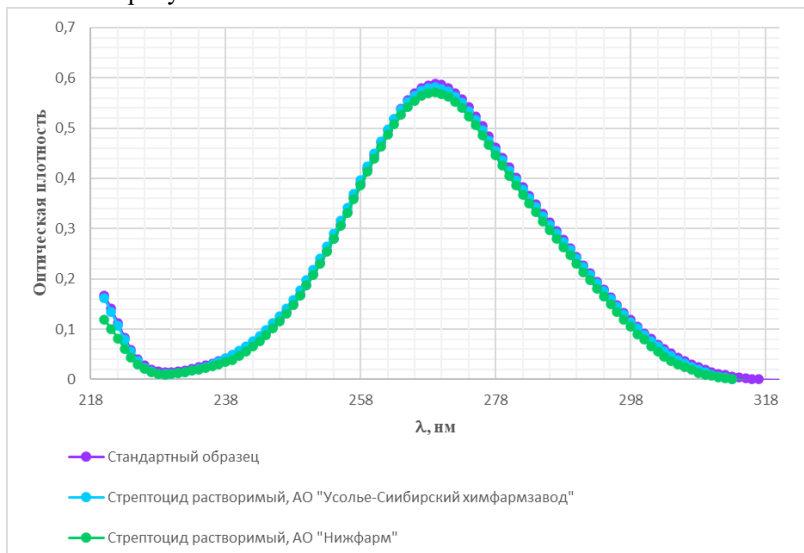


Рисунок 4 – УФ-спектр стрептоцида растворимого от разных производителей

На рисунке видно, что спектры препаратов практически не отличаются друг от друга, разница лишь в показателях поглощения, что говорит о успешной качественной идентификации активного вещества. Полученные результаты определения оптической плотности растворов приведены в таблице 2.

На основе полученных данных рассчитаны концентрации месульфамида натрия в образцах различных производителей по следующей формуле:

$$X = \frac{A_1 \times a_0 \times P \times 2}{A_0 \times a_1}, \dots \dots \dots (2)$$

где A_1 – оптическая плотность испытуемого раствора.

A_0 – оптическая плотность раствора стандартного образца (0,588).
 a_0 – навеска стандартного образца месульфамида натрия, мг (12,4 мг).
 a_1 – навеска препарата, мг.
 P – содержание месульфамида натрия в стандартном образце, %.

Таблица 2 – Результаты измерений оптической плотности и расчёт концентрации месульфамида натрия

Наименование образца	Номер измерения	Навеска препарата, мг	Оптическая плотность	X, %	X_{cp} , %
Стрептоцид растворимый, АО «Усолье-Сибирский химфармзавод»	1	501,2	0,586	4,93	4,92
	2	494,7	0,573	4,88	
	3	499,2	0,586	4,95	
Стрептоцид растворимый, АО «Нижфарм»	1	500,3	0,571	4,81	4,83
	2	502,9	0,583	4,88	
	3	504,9	0,576	4,81	

Содержание месульфамида натрия в стрептоциде растворимом (АО «Усолье-Сибирский химфармзавод») от заявленного составило 98,4 %, в стрептоциде растворимом (АО «Нижфарм») – 96,6 %.

Таким образом, полученные в работе данные по содержанию месульфамида натрия свидетельствуют о высоком качестве линиментов выбранных производителей.

Список литературы:

1. ФС.2.1.0130. Месульфамида натрия [Электронный ресурс]. – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/2/2-1/mesulfamid-natriya-/?ysclid=m7ah11kdyf200933848> (дата обращения: 25.03.2025).
2. ФС.2.1.0130.18. Месульфамид натрия [Электронный ресурс]. – URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/2/2-1/mesulfamid-natriya-mesulfamid-mesulfamidum-natricum/?ysclid=m3zsi7xly451125041> (дата обращения: 25.03.2025).
3. Minzdrav.gov.ru. Месульфамид натрия [Электронный ресурс]. – URL: https://static0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/038/282/original/Проект_ФС_Месульфамид_натрия_линимент_для_наруж_прим.docx?1526646497 (дата обращения: 26.03.2025).

УДК 372.854

Создание 3D-моделей молекул средствами голографического класса при освоении студентами химических дисциплин

С.О. Пустовит, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В публикации рассматриваются некоторые особенности создания студентами 3D-моделей молекул различной природы. Показано, что при освоении химических дисциплин могут быть реализованы различные приёмы их экспорта для включения в программное обеспечение голографического класса. Использование специальных очков позволяет создавать стереоэффект при просмотре файлов, сохранённых в формате, доступном для 3D-визуализации трёхмерных моделей.

Ключевые слова: голографический класс, дидактические средства обучения, образовательный процесс, 3D-моделирование, трёхмерные модели молекул.

The ambiguity of understanding mobile phones as didactic tools in teaching chemical disciplines in higher education

S.O. Pustovit, V.M. Larionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The publication discusses some of the features of students creating 3D models of molecules of various natures. It is shown that when mastering chemical disciplines, various methods of exporting them can be implemented for inclusion in the software of a holographic classroom. Using special glasses allows you to create a stereo effect when viewing files saved in a format available for 3D visualization of three-dimensional models.

Keywords: holographic classroom, didactic teaching tools, educational process, 3D modeling, three-dimensional models of molecules.

В настоящее время в различных сферах жизни человека всё шире применяют 3D-моделирование, которое используется в профессиональной деятельности различных специалистов. В результате оно закономерно проникает в образовательный процесс в высшей школе в форме создания трёхмерных моделей объектов изучения и как дидактическое средство,

позволяющее демонстрировать конструкционные особенности объектов изучения и их изменения во времени [1, 3, 6].

В отношении изучения химических дисциплин речь идёт об объектах макромира (химическая посуда, приборы и симуляции с их участием) и микромира (модели электронных облаков, атомов, молекул, кристаллических решёток, анимация химических процессов и т.д.). Среди данных объектов в области химической науки наиболее востребованным является, безусловно, создание трёхмерных моделей молекул и анимаций химических процессов на их основе. Значительное число авторов современных электронных учебных пособий включают такие модели молекул в состав тренажёра или видеогалереи. Поэтому в представленном исследовании нами осуществляется поиск возможных направлений интеграции средств голографического класса, функционирующего на базе Института естествознания, в систему средств обучения химии в вузе. На примере обучения студентов специальности 31.05.01 Лечебное дело приведём пример реализации различных приёмов создания 3D-моделей молекул на индивидуальных занятиях по биохимии, которые проводятся в голографическом классе [2].




Химический состав молекул определяет их строение – порядок связи атомов в молекулах и расположение отдельных атомов и функциональных групп в пространстве. Особенности химического строения оказывают влияние на особенности химических свойств веществ и их физиологическое действие. Предлагаем студентам создать несколько трёхмерных моделей веществ, которые широко участвуют в обмене веществ в организме человека.

Для этого студенты сначала сравнивают особенности пространственного строения типичных представителей органических веществ с разным типом гибридизации атомных орбиталей, а затем самостоятельно создают материальные шаростержневые и компьютерные модели молекул веществ, участвующих в обмене веществ в организме человека. При этом они используют алгоритмы работы в специализированных компьютерных программах. Приведём содержание таких заданий по теме «Метаболизм белков в организме человека».

Задание 1. Большинство биомолекул представляют собой соединения на основе химических элементов II периода периодической таблицы Д.И. Менделеева. Электронные орбитали химических элементов 2-го периода периодической таблицы Д.И. Менделеева, включая атом углерода, могут изменяться в составе молекулы: s- и p-орбитали подвергаются гибридизация с образованием q-орбиталей. Укажите особенности пространственного

строения орбиталей атомов, которые подверглись гибридизации. Для этого выполните следующее. 1. Напишите структурные формулы следующих двухуглеродных органических веществ: этан (алкан, не содержит кратных связей), этилен (алкен, содержит одну двойную связь) и ацетилен (алкин, в молекуле присутствует одна тройная связь). Валентность атома углерода равна IV, водорода – I. 2. Обозначьте σ -связи (первая химическая связь между двумя атомами в кратных связях) и π -связи в молекулах, указанных выше. Подсчитайте число σ -связей, образованных каждым атомом углерода. 3. Укажите тип гибридизации атомных орбиталей углерода в молекулах этана, этилена и ацетилена (табл. 1). 4. Как гибридные орбитали расположены в пространстве у атомов углерода в данных молекулах? Какую электронную конфигурацию имеют в них атомы углерода (табл. 1)? 5. Используя набор пластиковых шариков и стержней, соберите шаростержневую модель молекул метана, этилена и ацетилена.

Таблица 1 – Типы гибридизации атомных орбиталей атома углерода

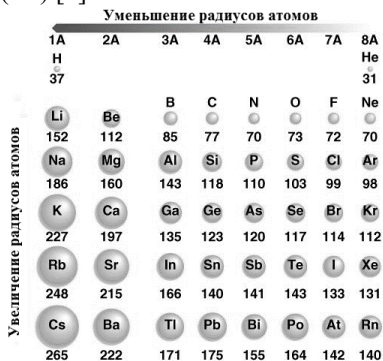
Число σ -связей у атома С	Тип гибридизации	Валентный угол	Геометрия молекулы
4	$sp^3 (1s + 3p \rightarrow 4q)$	$109^{\circ}28'$	тетраэдрическая 
3	$sp^2 (1s + 2p \rightarrow 3q)$	120°	плоская 
2	$sp (1s + 1p \rightarrow 2q)$	180°	линейная 

Задание 2. В программе «Образовательный контент» выберите (раздел «Химия») раздел 3D-модели молекул метана, этилена и ацетилена. Сравните особенности конструкции моделей данных молекул. Для этого ответьте на вопросы. 1. Сравните размер и цвет атомов разных химических элементов в молекуле. Отражены ли в моделях молекул кратные связи и их длина? 2. Какой тип гибридизации имеют атомные орбитали (АО) у атомов углерода в молекулах метана, этилена и ацетилена? 3. Какую форму имеют молекулы данных веществ?

Задание 3. Соберите шаростержневые модели молекул – примеров веществ, являющихся продуктами катаболизма белков, углеводов и других биомолекул: вода, углекислый газ, аммиак. Для этого выполните следующее. 1. Напишите структурные формулы углекислого газа, воды и аммиака. Укажите σ -связи и π -связи в их молекулах. Какие типы гибридизации имеют атомные орбитали углерода в молекулах углекислого газа, воды и аммиака? Какова конфигурация данных молекул? Учтите участие неподелённой электронной пары в гибридизации атома азота в составе аммиака. 2. Во

сколько раз отличаются радиусы атомов водорода, углерода, кислорода, азота (см. табл. 2). Учтите размер атомов при моделировании молекул веществ.
3. Соберите шаростержневые модели молекул, используя имеющийся набор.

Таблица 2 – Изменение радиусов атомов химических элементов (нм) [4]



Задание 4. Создайте модели молекул углекислого газа, воды и аммиака в программе «Blender» [5, 7], используя алгоритм ниже.

Алгоритм моделирования в программе «Blender»

Молекулы: кислород (O₂), углекислого газа (CO₂), аммиака (NH₃).

Атом кислорода.

- Создаём сферу (условное обозначение атома кислорода): «Shift» и «A» → «Mesh» → «UV Sphere».

- Сглаживаем поверхность сферы: щёлкаем на сфере правой клавишей мыши и выбираем «Shader Smooth» (эффект сглаживания).

Атомы других химических элементов.

- Делаем копию атома кислорода: сочетание клавиш «Shift» и «D», левой клавишей мыши перемещаем (тянем) копии объектов в сторону.

- Изменяем размер атома нового химического элемента: кликаем на клавишу «S» и тянем в сторону левой клавишей мыши.

- Делаем копию атомов: сочетание клавиш «Shift» и «D», левой клавишей мыши перемещаем (тянем) копии объектов в сторону.

Химическая связь между атомами.

- Вставляем цилиндр: «Shift» и «A» → «Mesh» → «Cylinder».

- Уменьшаем цилиндр по всем размерам: клавиша «S». Вытягиваем стержень штатива по высоте: «S» и «Z»; перемещение зажатой левой клавиши мыши.

- Поворачиваем цилиндр: клавиша «R», при необходимости делаем поворот только по одной оси, тогда после клавиши «R» нажимаем клавишу

«X», «Y», или «Z» (удобства оси имеют свою цветовую маркировку: «X» – красный цвет; «Y» – зелёный цвет, «Z» – синий цвет).

- Перемещаем атомы химических элементов, а также цилиндр так, чтобы он оказался между двумя атомами: применяем клавишу «G».

- Делаем копию химической связи: выделяем цилиндр – химическую связь и применяем клавиши «Shift» и «D».

- Перемешаем и поворачиваем копию цилиндра, применяя клавиши «G» и «R».

Проверяем взаимное расположение атомов и положение химических связей.

- Поворачиваем оси всей сцены и при необходимости исправляем положение частей модели молекулы вещества.

- Включаем функцию «Measure» («Линейка»), расположенную на вертикальной панели инструментов слева и применяемую для отражения длин граней и размеров углов в объекте.

- Кликаем на ребре объекта левой клавишей мыши и тянем появившуюся линию «Линейки» до конца грани объекта. На грани фиксируется её размер, в м (метрах).

- Начало и конец «Линейки» можно перемещать, зажав соответствующую часть линейки левой клавишей мыши.

- Можно измерить угол между частями объекта, зажав левую клавишу мыши: для этого кликают по начальной части первой грани и концу второй грани, образующих угол; середину «Линейки» тянем так, чтобы получился угол в нужной части. В результате его значение отражается непосредственно на выделенном углу.

- Лишнюю поставленную или неверно поставленную «Линейку» можно удалить: клавиша «X».

Создание слоя текстуры («раскрашивание» модели).

- Создаём новое окно, наводя курсор на границу двух окон справа сверху, а затем потянув левой клавишей мыши вправо или вниз за появившийся на границе окон значок «+».

- В появившемся окне-дубликате выбираем режим редактирования «Shader Editor».

- Выделяем один из шаров-атомов, например, атом кислорода.

- Создаём новый слой «+New», в результате чего видим появление 2-х таблиц (так называемых «нод») с данными.

- В ноде «Principled BSRF» щелкаем на белой полосе, и выбираем цвет шара – атома кислорода.

- Выделяем шар – атом другого химического элемента, и создаём новый слой и указываем цвет.

- Копируем цвет шара водорода на второй атом: выделяем белый шар, а затем цветной, кликаем сочетание клавиш «Ctrl» и «L», а затем выбираем «Link materials».

Сохранение файла.

После создания моделей в сцене (окне) программы сохранить работу можно двумя способами:

1. «File» → «Save as» (или «Save», если сохраняете изменения в уже ранее сохранённом файле) → Вместо «untitled.blend» указываете название, например, «Molecula_of_water.blend», а затем щёлкаете на «Save as».

2. Сочетание клавиш: «Ctrl» и «S», а затем – аналогично пункту 1.

Экспорт файла (сохранение в формате для 3D-визуализации).

После сохранения файла он будет открываться только в одном формате в программе «Blender». Для работы с ним в других программах нужно сохранить файл в другом формате. В программе «Blender» есть несколько наиболее распространенных форматов, среди которых для сохранения моделей объектов микро- и макромира, а также работы с ними в голографическом классе фирмы «Nettle» больше всего подходит формат «obj». Симуляцию и анимацию лучше сохранять в формате «fbx».

Алгоритм экспорта файла:

«File» → «Export» → «Wavefront.obj» → Вместо «untitled» в строке «untitled.obj» пишем название своего файла, например, «Молекула.obj», а затем «Export Wavefront.obj».

Задание 5. Создайте модели молекул глутамата и глюкозы как источников для синтеза заменимых аминокислот. Для этого выполните следующее. 1. Напишите структурные формулы глутамата и глюкозы. 2. Создайте модели молекул глутамата и глюкозы при помощи программы «ChemSketch» в сочетании с ресурсами искусственного интеллекта.

Алгоритм моделирования в программе «ChemSketch»

3D-модель глутамата

1. Откройте программу «ChemSketch». Закройте дополнительно появляющиеся окна.

2. В программе по умолчанию выставлен атом углерода как основной в «скелете» молекулы: кликаем левой клавишей мыши слева, выбирая атом азота. Кликаем в рабочем поле: фиксируется формула аммиака.

3. Кликаем по атому углерода, выбирая его из панели инструментов. Жажимаем левую клавишу мыши на молекуле аммиака и тянем в сторону,

образуя химическую связь с атомом углерода. В рабочем окне отражается молекула метиламина.

4. Зажимаем левую клавишу мыши на атоме углерода метиламина и тянем мышку в сторону: молекула удлиняется на ещё один атом углерода.

5. Кликаем по атому кислорода, выбирая его из панели инструментов. Зажимаем левую клавишу мыши на последнем созданном атоме углерода и тянем мышку в сторону, образуя химическую связь с гидроксильной группой. В рабочем окне отражается молекула этаноламина.

6. Повторно зажимаем левую клавишу мыши на последнем созданном атоме углерода и тянем мышку в сторону, образуя химическую связь с ещё одной гидроксильной группой.

7. Кликаем на одной из двух химических связей C-O: химическая связь становится двойной. В результате «остов» молекулы аминокислоты готов.

8. Для формирования радикала кликаем по атому углерода, выбирая его из панели инструментов. Зажимаем левую клавишу мыши на атоме углерода в группе «-CH-» и тянем мышку вниз, образуя радикал «-метил».

9. Аналогично удлиняем углеродную цепочку еще на 2 атома углерода.

10. Из последнего созданного атома углерода создаём гидроксильную и карбонильную группы: сначала кликаем на атоме кислорода в панели инструментов, тянем мышку в сторону, образуя химическую связь с ещё одной гидроксильной группой, а затем делаем её двойной (см. пункт 7).

11. Создаём ещё одну гидроксильную группу: кликаем на атоме углерода, соединённом с карбонильной группой и тянем левой клавишей мыши вниз или в сторону от последнего созданного атома углерода.

12. Выравниваем ориентацию атомов с учётом пространственного строения молекулы: кликаем на значок в форме молекулы справа – «3D Optimization».

13. Переходим в режим просмотра трёхмерных моделей, выбирая значок в форме модели молекулы со стрелкой – «3D Viewer» (на горизонтально расположенной панели инструментов). Разворачиваем модель так, чтобы были видны все химические связи и атомы в молекуле вещества.

14. Выбираем тип модели «Balls and Sticks» и сохраняем её (2D): «File» → «Save as» → «GIF».

15. По готовому рисунку создаём в программе «Blender» модель молекулы глутамата.

В результате в качестве одного из приёмов моделирования несложных молекул можно воспользоваться изображением, созданным в программе «Chem Sketch». В таком случае его можно перенести в окно редактора «Image Editor» программы «Blender». На основе данного изображения, отражающего

особенности пространственного строения вещества, студент может создать модель самостоятельно из примитивов – сферы и цилиндра.

3D-модель глюкозы

1. Переходим в режим «Chem Sketch Freeware»: кликаем на значке «ACD/Labs» и переходим в данный режим работы программы.

2. Стираем модель молекулы глутамата: используем значок «Delete» (ластик).

3. Кликаем на значке «Open Template Window» (справа вверху окна).

4. В разделе «Carbohydrates» выбираем готовую модель молекулы глюкозы.

5. Повторяем пункты 12-14 аналогично созданию модели глутамата.

Создание модели онлайн средствами искусственного интеллекта

В Интернете выберете изображение молекулы вещества (должна быть чёткой и без дополнительных элементов на заднем фоне изображения) – глюкозы (или используем собственное изображение, полученное в программе «ChemSketch»).

Примените для создания трёхмерной модели средства нейросети «Trellis» онлайн (программа платная, но имеет демо-версию для моделирования до 5 моделей в 1 день), которую можно найти в браузере по названию «Trellis» (выберите пункт «Попробовать») или откройте по ссылке: <https://huggingface.co/spaces/JeffreyXiang/TRELLIS>.

Сгенерируйте модель молекулы на основе изображения:

1. Перетащите изображение левой клавишей мыши в окно программы с подписью «Перетащите изображение сюда», а затем кликните на значке «Generate». 2. Через 20-30 с в окне справа появится трёхмерная модель объекта, которая постоянно вращается

2. Сформируйте модель в формате «GLB» (совместим с возможностями программы «Blender»): кликните на значке «Extract GLB». Формирование модели в нужном формате занимает 20-30 с.

3. Осуществите экспорт (скачивание) полученной модели: кликните на значке «Downloads GLB» и скачайте сформированную модель на компьютер.

4. Откройте программу «Blender» и перетащите файл формата «GLB» в окно программы. Увеличьте полученную модель: клавиша «S».

5. Перейдите в режим «Material Preview» (кликните по клавише «Z», выберите режим).

6. Сохраните файл, а затем сделайте его экспорт в формате «obj».

7. Загрузите модель в программу «CAD Viewer»: «Меню» → «Загрузить». Оцените её качество при помощи очков со стереоэффектом.

Таким образом, при освоении студентами химической дисциплины выполнение 3D-моделирования является одним из направлений формирования представлений об особенностях пространственного строения химических веществ. В условиях голографического класса познавательная деятельность обучающихся связана, как с созданием, так и демонстрацией готовых моделей.

Список литературы:

1. Апольских, Е.И. 3D моделирование в образовании / Е.И. Апольских, Е.В. Лобанцова // Педагогическое образование на Алтае. – 2014. – № 1. – С. 117-119. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21446943> (дата обращения: 28.07.2024).
2. Голографический класс NettleDesk. – URL: <https://nettledesk.ru> (дата обращения: 28.12.2024).
3. Колесников, И.С. 3D-технологии в образовании: время готовить учителей будущего / И.С. Колесников // Информационные технологии в образовании. – 2022. – № 5. – С. 140-143. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50094951> (дата обращения: 28.12.2024).
4. Таблица радиусов химических элементов. – URL: <https://autosprite.ru/foto/naibolshiy-radius-imeet-atom-ximicheskogo-elementa-mg> (дата обращения: 28.12.2024).
5. Шапошникова, С. Введение в Blender-курс. Мая 2024. – 100 с. [Учебное пособие] / С. Шапошникова. – URL: <https://younglinux.info/blender/course> (дата обращения: 28.07.2024).
6. Alba Fombona Pascual. Augmented Reality, a Review of a Way to Represent and Manipulate 3D Chemical Structures / Alba Fombona Pascual, Javier Fombona, Ruben Vicente // Journal of Chemical Information and Modeling. – 2022. – №62(8). – URL: https://www.researchgate.net/publication/359719892_Augmented_Reality_a_Review_of_a_Way_to_Represent_and_Manipulate_3D_Chemical_Structures (дата обращения: 28.07.2024).
7. Blender 4.2 Reference Manual. – URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html> (дата обращения: 28.12.2024).

УДК 57.048, 613

Исследование экстрактов лишайника уснея бородатая (*Usnea barbata*)

А.В. Пяткина, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Качественные реакции показали содержание флавоноидов, дубильных веществ и фенолокислот в лишайнике уснея бородатая (*Usnea barbata*). Определено содержание полисахаридов методом спектрофотометрии. Из экстракта лишайника выделена и идентифицирована методом ИК-спектроскопии усниновая кислота. При исследовании методом тонкослойной хроматографии наибольшее количество зон адсорбции наблюдается при использовании в качестве экстрагента ацетона. Методом перманганатометрического титрования определено количество восстанавливающих соединений.

Ключевые слова: лишайник *Usnea barbata*, усниновая кислота, спектрофотометрия, полисахариды, антиокислительная способность.

Research of extracts of lichen of usnea borodataya (*Usnea barbata*)

A.V. Pyatkina, E.A. Larionov, V.M. Larionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

Qualitative reactions showed the content of flavonoids, tannins and phenolic acids in lichens of *Usnea barbata*. The content of polysaccharides was determined by spectrophotometry. Usnic acid was isolated from lichen extract and identified by IR spectroscopy. When studied by thin-layer chromatography, the largest number of adsorption zones is observed when acetone is used as an extractant. The number of reducing compounds was determined by permanganometric titration.

Key words: lichen *Usnea barbata*, usnic acid, spectrophotometry, polysaccharides, antioxidant capacity.

Введение.

Растения служат богатым источником биологически активных веществ, применяемых в медицине, и являются постоянными объектами внимания исследователей-химиков [1, 2].

Фармакологическое действие лишайника связывают с наличием в нем биологически активных веществ (БАВ), наиболее известным и изученным среди которых является усниновая кислота, обладающая широким спектром биологической активности. Также присутствуют такие БАВ, как фенолокислоты, флаваноиды, дубильные вещества, полисахариды (в частности, изолехинин) [3].

Несмотря на то, что лишайник уснея бородатая (*Usnea barbata*) известен в медицине достаточно давно, интерес к веществам, содержащимся в нем, не пропадает. Целью работы было проведение анализа экстрактов данного лишайника, полученных с помощью различных растворителей (вода, ацетон, этанол 95%, хлороформ, гексан и др.), изучение их состава и характеристик.

Результаты исследований и их обсуждение.

Объект исследования (лишайник уснея бородатая) приобретался в интернет-магазине (производитель «Русские корни»).

Проведение качественных реакций и определение количества экстрактивных веществ.

Лишайник измельчали и готовили экстракты с водой и этанолом 95%, соблюдая соотношение массы сырья к объему экстрагента 1:10. Полученные смеси воды с сырьем помещали в водяную баню на 15 минут, затем вынимали и охлаждали 45 мин. при комнатной температуре. Спиртовые экстракты получали настаиванием без нагревания в течение 45 мин.

Результаты проведения качественных реакций свидетельствуют о присутствии биоактивных компонентов: (фенольных соединений, дубильных веществ и др.) в водных и этанольных экстрактах лишайника.

Содержание экстрактивных веществ методом однократной экстракции в объекте исследования при использовании дистиллированной воды составило 2,07 мг/мл. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что приготовление экстрактов с использованием воды способствует извлечению небольшого количества веществ.

Определение содержания полисахаридов.

Методом Дрейвуда определено содержание полисахаридов в пересчете на глюкозу в водном экстракте. Оно составило 0,16 мг/мл.

Извлечение усниновой кислоты.

Для определения положения зоны адсорбции усниновой кислоты при исследовании экстрактов уснеи бородатой методом тонкослойной хроматографии, она была выделена из объекта и идентифицирована по ИК-спектру.

Для выделения усниновой кислоты 10 г объекта исследования растирали с 1 г карбоната калия в фарфоровой ступке для перевода усниновой кислоты в растворимые соли устиноватов калия. Добавили 150 мл 40%-ного этилового спирта и настаивали в течение двух суток. Далее полученный экстракт отфильтровали через фильтр «синяя лента» на воронке Бюхнера. Добавили раствор лимонной кислоты до рН=6. Оставили на неделю настаиваться, чтобы выпали кристаллы усниновой кислоты.

Через неделю слили декантацией жидкость, поставили раствор центрифугировать на 10 минут при 1700 оборотах. Осадок усниновой кислоты осел на дне пробирки. Чтобы очистить усниновую кислоту, добавили дистиллированную воду, так как усниновая кислота практически не растворима в воде, и вновь центрифугировали. Промывали два раза. Полученный очищенный осадок помещали в бюкс и высушивали в сушильном шкафу при температуре 110-115 °С [4].

Идентификацию усниновой кислоты проводили методом ИК-спектроскопии. Спектр снимали на ИК-Фурье спектрометре модели Perkin Elmer Spectrum Two. Проверка спектра по электронным базам спектров проводилась на базе ЭКЦ УМВД КО. Совпадение ИК-спектра с библиотечным составило 86,53%.

Исследование методом тонкослойной хроматографии.

Для определения усниновой кислоты методом тонкослойной хроматографии исследовали ацетоновый экстракт лишайника и ацетоновый раствор предварительно выделенной усниновой кислоты. Анализ хроматографических профилей, полученных в системе бензол-этанол-триэтиламин (БЭТ) 9:1:1 на пластинках Sorbfil ПТСХ-П-В-УФ показал, что усниновая кислота обнаруживается в УФ лучах (365 нм) как вытянутое серо-черное пятно с $R_f \approx 0,21-0,22$. Хроматограмма также дополнительно проявлялась бромфеноловым синим (бледно-желтое окрашивание зоны усниновой кислоты).

Для выявления влияния полярности экстрагента на количество и степень извлечения веществ готовились экстракты с помощью различных растворителей, обладающих различной полярностью. Исследование проводилось методом тонкослойной хроматографии. Условия хроматографирования описаны выше. В качестве растворителей использовали хлороформ, этанол, ацетон, бензол и гексан.

Наибольшее количество зон адсорбции наблюдается при использовании в качестве экстрагента ацетона. Усниновая кислота извлекалась из объекта исследования растворителями: бензол, хлороформ и ацетон.

Для того, чтобы выяснить нет ли наложения зон адсорбции друг на друга при одномерном хроматографировании, была проведена двумерная хроматография. Исследованию подвергался ацетоновый экстракт в системах БЭТ 9:1:1 (первое элюирование) и 7:3:1 (второе элюирование).

Анализ хроматографических профилей, полученных таким образом, показал, что наложение зон адсорбции друг на друга при первом элюировании не происходит.

Оценка антиоксидантной активности.

Оценку антиокислительной активности экстрактов проводили в соответствии со способом, указанным в патенте 2170930 С1 (Максимова Т.В. и др.) методом окислительно-восстановительного (перманганатометрического) титрования [5].

Для титрования экстракты готовили в следующих соотношениях: для водного экстракта брали 5 г измельченного лишайника на 50 мл дистиллированной воды, для спиртового 3 г лишайника на 30 мл этанола 95%.

Для проведения титрования устанавливали точную концентрацию KMnO_4 по 0,05 н щавелевой кислоте. Для этого в колбы для титрования помещали 25 мл щавелевой кислоты, 10 мл 2 н H_2SO_4 , нагревали до 80°C , титровали перманганатом калия, затем рассчитывали его точную концентрацию и поправочный коэффициент.

Методика определения антиокислительной активности основана на титровании раствора, состоящего из воды, серной кислоты и перманганата калия исследуемыми экстрактами. Количественной характеристикой содержания веществ восстанавливающего характера в пересчёте на кверцетин является коэффициент В [5]. Чем больше показатель активности В, тем выше антиокислительная способность.

Значение показателя активности В (мг/мл) рассчитывали по формуле (1):

$$B = \frac{0,25}{V_x} \quad (1), \text{ где}$$

0,25 – масса кверцетина, соответствующая 1 мл 0,05 н KMnO_4 , V_x – объём экстракта, затраченный на титрование, мл.

Титрование проводили следующим образом:

1. Микробюретку на 1 мл заполняли приготовленными экстрактами.
2. В колбу для титрования добавляли 8 мл дистиллированной воды, 1 мл 20% H_2SO_4 и 1 мл 0,05 н KMnO_4 .
3. Титровали раствор экстрактами из микробюретки до обесцвечивания [5].

Чем меньше объём был затрачен на титрование, тем больше количество восстанавливающих соединений и потенциально выше антиокислительная способность экстракта.

Эксперимент повторяли трижды с каждым экстрактом. Средний объём этанольного экстракта, пошедший на титрование раствора перманганата калия, составил 2,29 мл. Соответственно показатель активности В составил 0,11 мг/мл. Средний объём водного экстракта, пошедший на титрование

раствора перманганата калия, составил 6,00 мл. Соответственно показатель активности В составил 0,04 мг/мл.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что экстракты обладают небольшой антиокислительной способностью. Сравнивая два экстракта можно сказать, что наибольшей антиокислительной способностью обладают этанольные.

Выводы.

1. Качественные реакции обнаруживают флавоноиды, дубильные вещества и фенолоксилоты; приготовление экстрактов с использованием воды способствует извлечению небольшого количества веществ; исследования методом перманганатометрического титрования показали, что водные экстракты содержат относительно небольшое количество восстанавливающих соединений (показатель активности В=0,11 мг/мл); содержание полисахаридов в образце экстракта лишайника составило 0,16 мг/мл в пересчете на глюкозу.

2. При исследовании экстрактов методом тонкослойной хроматографии установлено, что усниновая кислота обнаруживается в УФ лучах (365 нм) как зона серо-черного цвета пятно. Наибольшее количество зон адсорбции наблюдается при использовании в качестве экстрагента ацетона. Усниновая кислота извлекалась из объекта исследования растворителями: бензол, хлороформ и ацетон.

Список литературы:

1. Савина, А.А. Исследование экстрактов из ферментированных и неферментированных листьев вишни / А.А. Савина, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – №11-4(86). – С. 213-217. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-11-4-213-217.
2. Козлова, Е.М. Исследование экстрактов красного молотого перца методом тонкослойной хроматографии / Е.М. Козлова, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 12-3(87). – С. 156-159. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-12-3-156-159.
3. Antioxidant and cytotoxic activities of usnea barbata (L.) f.h. wigg. dry extracts in different solvents / V. Popovici, V. Badea, L. Bucur [et al.] // Plants. – 2021. – Vol. 10, No. 5. – DOI 10.3390/plants10050909.
4. Воробьева, Е.В. Исследование антиокислительных свойств усниновой кислоты и её рэкстрактов / Е.В. Воробьева, Н.И. Дроздова // Свиридовские

чтения: сборник статей / ред. О.А. Ивашкевич (пред.) [и др.]. – Минск: СтройМедиаПроект, 2023. – Вып. 19. – С. 69-83 (дата обращения: 21.03.25).

5. Патент № 2170930 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50, G01N 33/52. Способ определения антиокислительной активности: № 2000111126/14: заявл. 05.05.2000: опубл. 20.07.2001 / Т.В. Максимова, И.Н. Никулина, В.П. Пахомов [и др.]; заявитель Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова.

УДК 544.72

Удельная площадь поверхности палыгорскитовых глин Борщёвского месторождения

С.И. Рудь, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье представлены результаты исследования адсорбционной способности палыгорскитовых глин. Проведено сравнение двух методов определения удельной поверхности по сорбции метиленового синего. Установлено, что исследуемые глины обладают развитой удельной поверхностью.

Ключевые слова: палыгорскитовые глины, палыгорскит, площадь удельной поверхности.

Specific surface area of palygorskite clays Borshechskoye field

S.I. Rud, V.M. Larionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article presents the results of a study of the adsorption capacity of palygorskite clays. A comparison of two methods for determining the specific surface area by sorption of methylene blue has been carried out. It was established that the studied clays have a developed specific surface area.

Keywords: palygorskite clays, palygorskite, specific surface area.

Палыгорскитовые глины представляют собой слоисто-ленточные силикатные минералы, обладающие уникальной структурой, включающей систему внутренних каналов и пор [1, с. 4]. Такая морфология обуславливает их высокую удельную поверхность, значительную емкость сорбции и способность селективно поглощать как органические, так и неорганические

соединения. Особая нанопористая структура и поверхностные функциональные группы делают эти глины перспективными природными адсорбентами.

В сравнении с синтетическими адсорбентами природные аналоги обладают рядом преимуществ, включая экологическую безопасность, низкую себестоимость и возможность регенерации [2, с. 2]. Пальгорскитовые глины, благодаря своей природной структурной организации, проявляют высокую эффективность в процессах очистки водных растворов, сорбции токсичных соединений и катализе [3, с. 3].

Цель – исследовать удельную площадь поверхности пальгорскитовых глин.

Задачей исследования является проведение сравнительного анализа удельной площади поверхности 2-мя методиками (ГОСТ 13144-79 и «Тест метиленового синего»).

Для исследования взяты 6 образцов пальгорскитовых глин из 6 точек котлована Борщевского месторождения в Калужской области.

Подготовку проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 5382-19, применяя метод квартования, в ходе которого обеспечивалась гомогенность проб [4, с. 10]. Каждую пробу подвергали измельчению, образцы хранили в полиэтиленовых зип-пакетах, обеспечивая герметичность, предотвращая контакт с воздухом.

Проведено сравнение двух методов определения площади удельной поверхности – метода ГОСТ 13144-79 (метод № 1) и «Тест метиленового синего» (метод № 2). Отличием в методиках определения показателя является использование серной кислоты, которая, по литературным данным, удаляет несвязанные с кристаллической решеткой катионы из межпакетных позиций посредством частичного уничтожения кристаллической структуры [5, с. 7, 6, с. 3].

В таблице 1 представлены результаты определения площади удельной поверхности и рассчитано на сколько процентов увеличивается данный параметр в ходе кислотной активации (k).

Таблица 1 – Сравнение полученных результатов

Образец	$S_{уд.}, м^2/г$ метод №1	$S_{уд.}, м^2/г$ метод №2	k, %
1	108,37±0,64	94,90±0,38	14,19
2	150,56±0,76	121,68±0,58	23,73
3	30,19±0,17	29,27±0,44	3,14
4	136,80±0,04	108,58±0,17	25,99
5	106,57±0,35	89,78±0,44	18,70

6	189,68±0,29	148,16±0,36	28,02
---	-------------	-------------	-------

Из полученных данных следует, что в ходе кислотной активации при измерении площади удельной поверхности показатель увеличивается на 3-28%. Предположения о схожих значениях исследуемого параметра у некоторых образцов оказалось верным. Наименьшим значением площади удельной поверхности обладает образец №3.

Образец №6 имеет наибольшее значение площади удельной поверхности (около 148 м²/г) и наибольшее увеличение показателя (около 28%) в ходе кислотной активации при пропободготовке. Полученные результаты можно сравнить с площадью удельной поверхности по метиленовому синему применяемых сорбентов. Так, для силикагелей площадь удельной поверхности по метиленовому синему составляет до 800 м²/г, микропористых ионообменных смол – до 70 м²/г, углей – 120-400 м²/г, опилок дерева – 9,8-39,6 м²/г. Сравнивая этом показатель, можно отметить, что удельная площадь поверхности образцов палыгорскитовых глин выше, чем у опилок, ионообменных смол, и хуже, чем у углей [7, с. 3, 8, с. 5, 9, с. 5].

Выводы.

1. Выполнен отбор 6 проб палыгорскитовых глин в Борщевском месторождении Ферзиковского района.

2. Из сравнения двух методик определения площади удельной поверхности следует, что при добавлении кислоты (кислотная активация) в ходе исследования увеличивается адсорбционная способность глин.

Список литературы:

1. Расцветаева, Р.К. Палысепиолы: о новом минерале семейства палыгорскит-сепиолит / Р.К. Расцветаева // Природа. – 2021. – №8. – С. 16-26.
2. Momina A., Regeneration performance of clay-based adsorbents for the removal of industrial dyes: A review / A. Momina, Mohammad S., Suzylawati I. // RCS Advances. – 2018. – №8. – 24571-24587. – URL: https://www.researchgate.net/publication/326296252_Regeneration_performance_of_clay-based_adsorbents_for_the_removal_of_industrial_dyes_A_review (дата обращения: 25.03.2025).
3. Морозова, П.С. Палыгорскитовая глина в процессах очистки фильтрата полигона твердых коммунальных отходов от ионов меди / П.С. Морозова, Н.Е. Кручинина // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – №13 (262). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/palygorskkitovaya-glina-v-protsessah-ochistki-filtrata-poligona-tverdyh-kommunalnyh-othodov-ot-ionov-medi> (дата обращения: 25.03.2025).

4. ГОСТ 5382-19. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа = Cements and materials for cement production. Chemical analysis methods: межгосударственный стандарт: издание официально: утверждён и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2019 г. N 1015-ст: введен взамен ГОСТ 5382-9: дата введения 2020-06-01 / разработан Некоммерческой организацией «Союз производителей цемента». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168999> (дата обращения: 24.03.2025).
5. Genesis of Palygorskite in the Neogene Baiyanghe Formation in Yangtaiwan Basin, Northwest China, Based on the Mineralogical Characteristics and Occurrence of Enriched Trace Elements and Ree / S. Zhang, L. Liu, Q. Liu [и др.] // Clays and Clay Minerals. – 2021. – №69(1). – С. 23-37. – URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/clays-and-clay-minerals/article/genesis-of-palygorskite-in-the-neogene-baiyanghe-formation-in-yangtaiwan-basin-northwest-china-based-on-the-mineralogical-characteristics-and-occurrence-of-enriched-trace-elements-and-ree/B8B2B681E3D04858AE5757E97ACC9C79> (дата обращения: 28.03.2025).
6. Comparative Analysis of Palygorskite Samples From Different Occurrences in Guadalupe (Piauí, Brazil) / T.C. Assis, M. Cerqueda, C.G. Souza [и др.] // Journal of Aerospace Technology and Management. – 2019. – №11. – С. 62-65. – URL: <https://jatm.com.br/jatm/article/view/1143/803> (дата обращения: 28.03.2025).
7. Алдашева Н.Т., Исследование удельной поверхности искусственного графита на адсорбцию по раствору метиленовому голубому / Н.Т. Алдашева, Б.С. Чилдибаев, Т.Ы. Ташполотов // Проблемы науки. – 2019. – №5(41). – С.17-19. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-udelnoy-poverhnosti-iskusstvennogo-grafita-na-adsorbtsiyu-po-rastvoru-metilenovomu-golubomu> (дата обращения: 28.03.2025).
8. Дворянкин Д. Ю., Исследование физико-химических характеристик модифицированных углеродных сорбентов на основе древесных отходов / Д.Ю. Дворянкин, И.Г. Первова, Т.И. Маслакова, И.А. Клепалова // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2023. – Т. 23, №5. – С. 868-878. – URL: <https://journals.vsu.ru/sorpchrom/article/view/11721> (дата обращения: 28.03.2025).
9. Эффект длительной выдержки опилок березы, осины и сосны в воде на выход и удельную поверхность углеродного продукта / С.И. Цыганова, Е.В. Мазурова, Г.Н. Бондаренко, О.Ю. Фетисова // Химия растительного сырья. – 2019. – №3. – С. 33-40.

УДК 615.322

Исследование гриба *Cantharellus cibarius* и препаратов на его основе методами ТСХ, микроскопии, титриметрии, гравиметрии и УФ-спектроскопии

Е.А. Рябой, Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье приведены ключевые данные сравнительного химического анализа гриба *Cantharellus cibarius* и препаратов на его основе. В ходе анализа использовались методы микроскопического, гравиметрического, титриметрического, спектрофотометрического анализа, тонкослойная хроматография (ТСХ).

Ключевые слова: лисичка обыкновенная, *Cantharellus cibarius*, восстанавливающие соединения, экстрактивные вещества, тонкослойная хроматография, гравиметрический анализ, перманганометрия, спектроскопия в ультрафиолетовой области, оптическая микроскопия.

Study of the *Cantharellus cibarius* fungus and preparations based on it by TLC, microscopy, titrimetry, gravimetry and UV spectroscopy

E.A. Ryaboy, E.A. Larionov, V.M. Larionova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article presents the main data of comparative chemical analysis of *Cantharellus cibarius* mushroom and preparations based on it. The research involved microscopic, gravimetric, titrimetric, spectroscopic analysis, thin-layer chromatography (TLC).

Key words: chanterelle, *Cantharellus cibarius*, reducing compounds, extractive substances, thin-layer chromatography, gravimetric analysis, permanganometry, ultraviolet spectroscopy, optical microscopy.

Введение.

С развитием интернет-торговли значительно вырос предлагаемый населению ассортимент различного рода биологически-активных и пищевых добавок растительного происхождения [1-3]. В фармацевтической отрасли

присутствуют низкокачественные и фальсифицированные лекарственные средства [4], что свидетельствует о возможном распространении схожих проблем в сегменте пищевых и биологически активных добавок. Имеются основания полагать, что отдельные производители осуществляют выпуск такой продукции не только с отклонениями от регламентированных норм, но и в условиях кустарного производства. Нельзя исключать и наличие подделок под известные бренды. Отдельную группу таких добавок составляют препараты из различного вида грибов.

Гриб *Cantharellus cibarius* (*лисичка обыкновенная*) содержит в своем составе широкий спектр биологически активных соединений [5], включая каротиноиды, полисахариды, терпеноиды и другие вещества с потенциальной фармакологической активностью.

Изучение химического состава *Cantharellus cibarius* и препаратов, содержащих его, представляет особый интерес. Определение состава и концентрации активных компонентов возможно с использованием различных аналитических методов, среди которых тонкослойная хроматография (ТСХ), титриметрия, гравиметрия, УФ-спектроскопия и другие.

В данной работе проводилось исследование *Cantharellus cibarius* и препаратов на его основе с применением указанных методов. ТСХ позволяет выявить индивидуальные компоненты смеси, сравнить компонентный состав объектов, титриметрия и гравиметрия обеспечивают количественное определение соединений, а УФ-спектроскопия дает возможность изучения спектральных характеристик активных веществ. Полученные данные могут быть полезны для оценки качества препаратов на основе *Cantharellus cibarius*.

В связи с этой целью работы являлся выбор химических методов анализа, которые позволят идентифицировать фальсифицированные и низкокачественные препараты на основе *Cantharellus cibarius*.

Материалы и методы исследования, экспериментальная часть.

В качестве объектов исследования были выбраны измельченный сушеный гриб *Cantharellus cibarius* и пищевые добавки на его основе в капсулах. Капсулированные препараты, изготовленные различными производителями, были пронумерованы, гриб обозначен как «образец сравнения».

На этикетке упаковки объекта №1 производителем заявлено, что капсулы содержат измельченный сушеный гриб *Cantharellus cibarius*.

Упаковка представляет собой банку из пластмассы белого цвета, в которой находятся 60 прозрачных желатиновых капсул.

На этикетке упаковки объекта №2 производителем заявлено, что капсулы содержат экстракт гриба *Cantharellus cibarius*. *Упаковка представляет собой банку из пластмассы белого цвета, в которой находятся 90 желатиновых капсул зеленого цвета.*

На этикетке упаковки объекта №3 производителем заявлено, что капсулы содержат экстракт гриба *Cantharellus cibarius*. *Упаковка представляет собой банку из прозрачной пластмассы, в которой находятся 60 желатиновых капсул белого цвета.*

Проводилось сравнительное исследование водных и спиртовых экстрактов *Cantharellus cibarius* и их капсулированных форм. Анализ выполнялся методами оптической микроскопии, гравиметрического и титриметрического анализа, спектроскопии в ультрафиолетовой области, ТСХ.

Сравнивались следующие характеристики объектов:

- 1) вид объекта, наблюдаемый невооруженным глазом, а также с использованием микроскопа. Оценивались цвет, структура и вид частиц, составляющих объект;
- 2) цвет водных и спиртовых экстрактов;
- 3) ТСХ-профили объектов;
- 4) содержание сухого остатка в полученных экстрактах;
- 5) количество восстанавливающих веществ, оцениваемых объемом экстракта, пошедшего на титрование определенного объема раствора перманганата калия;
- 6) УФ-спектры.

Определение морфологических свойств гриба *Cantharellus cibarius* и содержимого капсул анализируемых образцов проводилось невооруженным глазом, а также с использованием микроскопа. Описание цвета, структуры и вид частиц.

Образец сравнения и образец №1 схожи по цвету, структуре и виду частиц. Образцы №2 и №3 отличаются от образца гриба *Cantharellus cibarius* по цвету и размеру частиц, также в образце №2 присутствуют включения, отсутствующие в остальных образцах.

ТСХ использовалась для сравнительной характеристики химического состава анализируемых объектов. Были приготовлены спиртовые экстракты путем прибавления к навескам образца сравнения и исследуемых образцов этилового спирта 95%, соблюдая соотношение массы образца, к объему растворителя 1:10. Настаивали в течение суток, после чего экстракты профильтровали. На рис. 1 представлены полученные спиртовые экстракты.

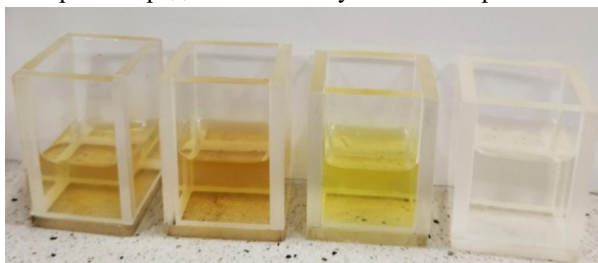


Рисунок 1 – Спиртовые экстракты образца сравнения и образцов №1, №2, №3

Спиртовой экстракт гриба окрашен в светло-коричневый цвет. Спиртовой экстракт образца №1 имеет более яркую коричневую окраску относительно образца сравнения. Спиртовой экстракт содержимого капсул образца №2 окрашен в желтый цвет. Спиртовой экстракт образца №3 прозрачный.

Хроматографическое разделение выполняли на пластинах Sorbfil 10x10 см ПТСХ-АФ-В-УФ, используя в качестве элюента трехкомпонентную систему (бензол-этанол-триэтиламин, 5:5:1). Длина пробега элюента составила 8 см. Для детектирования зон адсорбции использовалась УФ-лампа (254 и 365 нм). Идентификация различий в химическом составе проводилась путем сравнения полученных хроматографических профилей анализируемых спиртовых экстрактов.

Сравнительный анализ хроматограмм выявил значительное совпадение профилей экстрактов *Cantharellus cibarius* и препарата №1 по следующим параметрам: идентичное количество детектируемых зон и сходство их характера люминесценции в УФ-свете, сопоставимые значения коэффициентов подвижности. В отличие от этого, в экстрактах образцов №2 и

№3 наблюдается меньшее число зон адсорбции, а также часть компонентов отлична от образца сравнения.

Гравиметрический анализ был применен для установления количественного содержания экстрактивных соединений в водных экстрактах гриба *Cantharellus cibarius* и препаратов на его основе.

Для анализа были приготовлены водные экстракты путем прибавления к навескам образца сравнения и исследуемых образцов дистиллированной воды, соблюдая соотношение массы образца, к объему растворителя 1:50. После чего полученные растворы были помещены на водяную баню, охлаждены и отфильтрованы. На рисунке 2 представлены полученные водные экстракты.

Водные экстракты гриба и образца №1 окрашены в желтый цвет. Водный экстракт содержимого капсул образца №2 окрашен в коричневый цвет. Спиртовой экстракт образца №3 имеет светло-коричневую окраску.

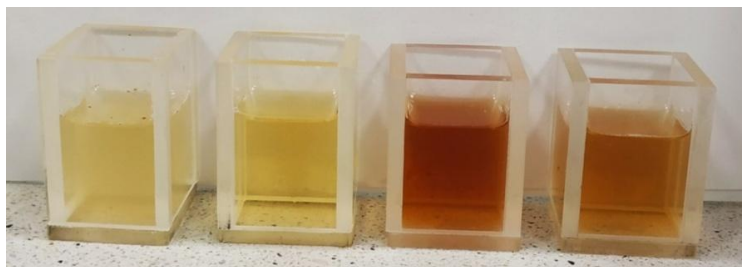


Рисунок 2 – Водные экстракты образца сравнения и образцов №1, №2, №3

Точный объем фильтрата (10 мл) помещают в сухой, предварительно взвешенный стакан и выпаривают в сушильном шкафу при 105°C до полного испарения жидкости, после чего стаканчик переносят в эксикатор с прокаленным хлоридом кальция. Охлажденные стаканчики с сухим остатком взвешивают на лабораторных аналитических весах. Определяют массу экстрактивных веществ, содержащихся в 10 мл водных экстрактов. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения содержания экстрактивных веществ в водных экстрактах гриба *Cantharellus cibarius* и препаратов на его основе

Анализируемые образцы	Масса экстрактивных веществ, содержащихся в 10 мл экстрактов, среднее значение по результатам трех измерений, г.
Образец сравнения	0,0662±0,0054
Образец №1	0,0579±0,0008
Образец №2	0,0934±0,0045
Образец №3	0,1632±0,0070

Водные экстракты, полученные из образца сравнения и образца №1, содержат схожее количество экстрактивных веществ, а в экстрактах объектов №2 и №3 масса экстрактивных соединений существенно повышена относительно образца сравнения.

С целью сопоставления электронных спектров образцов использовалась спектроскопия в ультрафиолетовой области.

Водные экстракты объектов с равной концентрацией экстрактивных веществ использовались для получения электронных спектров в УФ области, дистиллированная вода использовалась в качестве раствора сравнения. Анализ проводился на спектрофотометре Lambda 35 (Perkin Elmer). Полученные данные были обработаны в программе MS Excel. Полученные электронные спектры представлены на рисунке 3.

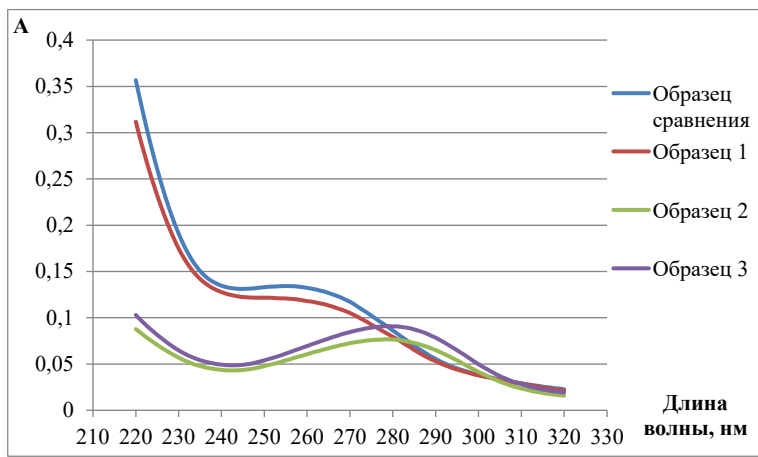


Рисунок 3 – Электронные спектры водных экстрактов образца сравнения и образцов №1, №2, №3

Сравнение электронных спектров выполнено на основе анализа положения максимума поглощения и расположения плеч. Характер УФ-спектров и значение максимума поглощения (255 нм) совпадают у образца сравнения и объекта №1. Образцы №2 и №3 имеют похожие между собой, но отличные от образца сравнения, электронные спектры с максимумом поглощения при 279 нм.

Для оценки антиоксидантной активности (АОА), которая может коррелировать с количеством восстанавливающих соединений, был использован метод перманганатометрии, изложенный в патенте Максимовой [6]. При проведении эксперимента раствор перманганата калия предварительно стандартизировался по щавелевой кислоте.

Для сравнения содержания восстанавливающих соединений были приготовлены водные экстракты с одинаковой концентрацией экстрактивных веществ. В колбы для титрования вносят 8 мл дистиллированной воды, 1 мл 20% серной кислоты и 1 мл стандартного раствора перманганата калия. Титруют приготовленными экстрактами до обесцвечивания раствора [9]. Полученные при титровании результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки содержания восстанавливающих соединений

Объекты исследования	Средний объем титранта, мл
Образец сравнения	0,81±0,08
Образец №1	0,92±0,05
Образец №2	2,35±0,13
Образец №3	2,33±0,19

Чем выше содержание восстанавливающих соединений в образце, тем меньший объем экстракта требуется для титрования. Наибольшая концентрация таких веществ выявлена в водном экстракте *Cantharellus cibarius*, близкий к нему результат показал экстракт образца №1. Содержание восстанавливающих соединений в экстрактах образцов №2 и №3 оказалось существенно ниже, чем в образце сравнения.

Выводы.

1. Образец сравнения и образец №1 похожи по внешнему виду (цвету, структуре и виду частиц). Экстракт плодовых тел гриба лисичка обыкновенная и экстракт содержимого капсул объекта №1 сходны по содержанию экстрактивных соединений, компонентному составу, характеру электронных спектров и концентрации восстанавливающих соединений.

2. Образцы №2 и №3 имеют схожие между собой, но отличные от образца сравнения морфологические свойства (цвет, структура частиц). В экстрактах данных образцов обнаруживается повышенное содержание экстрактивных веществ, меньшее число компонентов, отличные от образца сравнения электронные спектры и существенно более низкое содержание восстанавливающих соединений.

Список литературы:

1. Самсонова, Д. П. Исследование гриба *Cordyceps militaris* и биологически активных добавок, изготовленных на его основе, методами ТСХ, УФ-спектроскопии и гравиметрии / Д. П. Самсонова, Е. А. Ларионов, В. М. Ларионова // Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского. Серия: Естественные и технические науки: Сборник материалов Шестых Калужских университетских чтений, Калуга, 10–11 апреля 2024 года. – Калуга: Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, 2024. – С. 157-161. – URL: chrome-extension://efaidnbmninnbpcajpegcliclefindmkaj/https://tksu.ru/upload/iblock/6fd/3903olhzcggiwvli73ok5g7bw2c70ezc/NT_Seriya-Estestvennyye-i-tekhnicheskie_2024.pdf (дата обращения: 10.04.2025).
2. Савина, А.А. Исследование экстрактов из ферментированных и неферментированных листьев вишни / А. А. Савина, Е. А. Ларионов, В. М. Ларионова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 11-4(86). – С. 213-217. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-11-4-213-217.
3. Ларионов, Е.А. О некоторых видах суррогатов чая / Е.А. Ларионов, В.М. Ларионова, А.А. Савина // Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского: материалы докладов, Калуга, 12-13 апреля 2023 года. – Калуга: ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», 2023. – С. 88-92.
4. Фальсифицированные лекарственные средства и борьба с ними в Российской Федерации / Е.В. Пожилова, В.Е. Новиков, Е.С. Гусева, А.В. Савченко // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 63-70. – DOI 10.17816/RCF18163-70.

5. Влияние способов сушки лисички обыкновенной (*Cantharellus cibarius*) на биологическую ценность сухого функционального грибного ингредиента / Е.Н. Моисеенко, О.Н. Румянцева, О.И. Сергиенко [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2023. – №2. – С. 27-36.

6. Патент № 2170930 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50, G01N 33/52. Способ определения антиокислительной активности: № 2000111126/14: заявл. 05.05.2000: опубл. 20.07.2001 / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов [и др.]; заявитель: Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2170930C1_20010720 (дата обращения: 10.04.2025).

УДК: 543.554.6:504.43

Воспроизводимость результатов потенциометрического определения хлоридов в родниковых водах

А.И. Филитов, А.Е. Васюков

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

По результатам статистической обработки потенциометрического определения хлоридов в родниковых водах по методу стандартных добавок при использовании электродной системы, состоящей из двух хлоридселективных электродов и одного электрода сравнения, двух потенциометрами, сделан вывод, что воспроизводимость таких определений по значениям стандартного отклонения составляет 5 %.

Ключевые слова: потенциометрия, воспроизводимость, метод стандартных добавок, коэффициент активности, хлоридселективный электрод.

Reproducibility of the results of potentiometric determination of chlorides in spring waters

A.I. Filitov, A.E. Vasyukov

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

Based on the results of statistical processing of the potentiometric determination of chlorides in spring waters using the standard additive method using an electrode system consisting of two chloride-selective electrodes and one

reference electrode with two potentiometers, it was concluded that the reproducibility of such determinations based on the values of the standard deviation is 5%.

Keywords: potentiometry, reproducibility, standard additive method, activity coefficient, chloride selective electrode

Введение. Согласно литературным данным, коэффициент активности ($k_{\text{акт}}$) KCl или KNO_3 в растворах с концентрацией 0,1 моль/л равен 0,77-0,78 при ионной силе 0,1 [1], что следует учитывать при определении хлоридов потенциометрическим методом и отмечено в паспорте на хлоридселективный электрод ЭЛИС-131Cl [2]. С этими значениями $k_{\text{акт}}$ следует согласиться в случае проведения исследований на чистых растворах, но при потенциометрическом анализе природных вод с различным содержанием введение фонового электролита не гарантирует какого-то постоянного значения $k_{\text{акт}}$ солей, в том числе и хлоридов.

Очень вероятно, что такая неопределенность с $k_{\text{акт}}$ возникает при потенциометрических исследованиях на природных водах. В этих условиях возникает вопрос о воспроизводимости результатов химического анализа, характеристика аналитических измерений, которая показывает, насколько близки результаты, полученные в разных условиях: в разное время, в разных местах, разными людьми, методами и инструментами, на разных приборах. Показателем воспроизводимости (сходимости) результатов анализа является относительное стандартное отклонение [3].

Цель работы – оценить воспроизводимость результатов потенциометрического анализа хлоридов в родниковых водах с использованием метода стандартных добавок.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования служили образцы подземных вод, отобранных из 4-х родников г. Калуги [4].

Потенциометрическая установка включала измерительную ячейку с исследуемым раствором, в который одновременно помещали два хлоридселективных электрода ЭЛИС-131Cl и одноключевой электрод сравнения ЭСр-101101 или двухключевой ЭСр-101103 с насыщенным раствором KNO_3 . Для измерения электродного потенциала использовали параллельно иономер Эконикс Экотест-120-pH-M и pH-метр pH-150МИ, одновременно подключенные к одному из электродов сравнения. В измерениях участвовали два оператора.

Стандартные растворы для титрования и построения градуировочной характеристики для определения хлоридов готовили из фиксанала методом

последовательного разбавления дистиллированной водой, а растворы AgNO_3 из соли марки х.ч.

Результаты и их обсуждение.

В таблице 1 представлены уравнения линейной регрессии градуировочной характеристики, полученные двух параллельно соединенных хлоридселективных электродов в различных условиях: на чистых растворах без введения и введения фонового электролита по отношению к одноключевому или двух ключевому электроду сравнения.

Анализ градуировочных характеристик показывает, что значение крутизны электродной характеристики колеблется в достаточно узких пределах в среднем 53-55 мВ, что совпадает с паспортными характеристиками электрода [2]. Следует отметить, что на значение крутизны электродной характеристики существенно не влияют наличие фонового электролита или вид электрода сравнения.

Таблица 1 – Уравнения линейной регрессии градуировочной характеристики

№	Электрод №1		Электрод №2	
	Уравнение	R ²	Уравнение	R ²
	Без добавки буфера (электролита)		ЭСр-101101	
1	$E = 53,9 \times \lg C + 19,5$	0,999	$E = 53,6 \times \lg C + 17,2$	0,999
2	$E = 53,6 \times \lg C + 20,2$	0,998	$E = 52,5 \times \lg C + 19,1$	0,997
3	$E = 53,4 \times \lg C + 20,8$	0,998	$E = 52,0 \times \lg C + 20,7$	0,997
4	$E = 53,1 \times \lg C + 21,4$	0,998	$E = 50,9 \times \lg C + 22,6$	0,994
Сред.	$E = (53,5 \pm 0,3) \times \lg C + (20,5 \pm 0,8)$		$E = (52,3 \pm 1,1) \times \lg C + (20,0 \pm 2,3)$	
Добавка 0,1 моль/л KNO_3 ЭСр-101101				
1	$E = 55,0 \times \lg C + 20,2$	0,999	$E = 54,1 \times \lg C + 18,2$	0,999
2	$E = 55,1 \times \lg C + 20,3$	0,999	$E = 54,8 \times \lg C + 17,3$	0,999
3	$E = 55,4 \times \lg C + 19,9$	0,999	$E = 54,8 \times \lg C + 17,2$	0,999
4	$E = 55,2 \times \lg C + 20,5$	0,999	$E = 54,1 \times \lg C + 19,2$	0,999
Сред.	$E = (55,2 \pm 0,2) \times \lg C + (20,2 \pm 0,2)$		$E = (54,4 \pm 0,4) \times \lg C + (18,0 \pm 0,9)$	
Добавка 0,1 моль/л KNO_3				
	ЭСр-101101		ЭСр-101103	
1	$E = 52,6 \times \lg C + 17,4$	0,997	$E = 53,7 \times \lg C + 27,2$	0,999
2	$E = 53,3 \times \lg C + 16,1$	0,996	$E = 53,7 \times \lg C + 27,2$	0,999
3	$E = 52,8 \times \lg C + 17,0$	0,997	$E = 53,7 \times \lg C + 27,2$	0,999
4	$E = 53,5 \times \lg C + 16,2$	0,996	$E = 53,7 \times \lg C + 27,2$	0,999
Сред.	$E = (53,2 \pm 0,4) \times \lg C + (16,7 \pm 0,6)$		$E = 53,7 \times \lg C + 27,2$	

Анализ градуировочных характеристик показывает, что значение крутизны электродной характеристики колеблется в достаточно узких пределах в среднем 53-55 мВ, что совпадает с паспортными характеристиками электрода [2]. Следует отметить, что на значение крутизны электродной характеристики существенно не влияют наличие фонового электролита или вид электрода сравнения.

Этого нельзя сказать относительно свободного члена уравнения линейной регрессии, так как он существенно изменяется в диапазоне от 16,7 до 27,2 мВ и в условиях эксперимента стабилизировать его не удалось, что может говорить о наличии ряда случайных погрешностей.

Уравнение Нернста для исследуемой электродной при рассмотрении активности хлоридов как произведения концентрации на $k_{акт}$ можно представить в виде слагаемых:

$$E = E_0 - 0,059 \times (298/T) \times \{ \lg C(Cl^-) + \lg k_{акт} \}.$$

Не сложно заметить, что крутизна электродной характеристики в координатах $E=f(\lg C(Cl^-))$ зависит только от температуры раствора и при работе в диапазоне температур от 20 до 25 °С погрешности измерений может достигать 2% (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние температуры исследуемого раствора на крутизну (E) электродной функции ионоселективного электрода

№, пп	t, °С	T, К	E, мВ	ΔE, мВ	D, %
1	25	298	59,00	0,00	0,0
2	23	296	58,60	0,40	-0,7
3	22	295	58,41	0,59	-1,0
4	21	294	58,21	0,79	-1,3
5	20	293	58,01	0,99	-1,7
6	18	291	57,61	1,39	-2,4

Проверка стабильности установления электродного потенциала показала, время установления относительно постоянного значения достигается после 1 минуты (рисунок 1), что было учтено при дальнейших исследованиях.

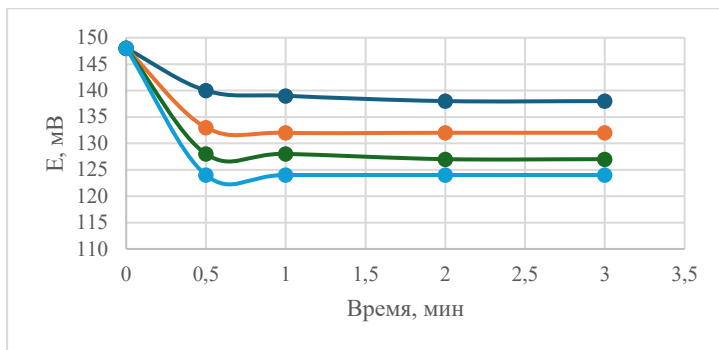


Рисунок 1 – Время стабилизации потенциала хлоридселективного электрода при добавках стандартного раствора хлоридов в исследуемый раствор 5×10^{-3} моль/л

Таким образом, вопрос о воспроизводимости результатов потенциометрического определения хлоридов сводиться в установлении стандартного отклонения определения коэффициента активности хлоридов.

Вариантом такого определения могут быть исследования с использованием метода стандартных добавок или «введено-найдено».

В таблице 2 представлены результаты определения хлоридов методом «введено-найдено» на фоне 0,1 моль/л KNO_3 в модельном растворе и в родниковой воде.

Таблица 2 – Результаты определения хлоридов методом «введено-найдено», фон – 0,1 моль/л KNO_3

Введено, мг/л	Найдено, мг/л					S_r , мг/л
	1	2	3	среднее	%	
Модельный раствор $1,0 \times 10^{-3}$ моль/л Электрод №1						
0	-	-	-	33,6		0,3
35,3	33,8	27,2	32,1	31,0	87,8	3,4
70,3	64,9	57,7	60,2	60,9	86,6	3,6
104,9	96,6	90,9	90,6	92,7	88,3	3,4
139,2	132,8	124,3	124,0	127,0	91,2	5,0
173,2	147,6	158,9	147,6	151,3	87,4	6,5
Модельный раствор $1,0 \times 10^{-3}$ моль/л Электрод №2						
0				32,4		1,2
35,3	20,3	28,8	27,2	28,4	78,9	4,5
70,3	50,5	58,0	61,7	56,7	80,7	5,7
104,9	89,5	85,1	87,6	87,4	83,3	2,2

139,2	121,9	118,9	120,0	120,3	86,4	1,5
173,2	151,5	151,5	151,5	151,5	87,5	0,0
Родник «Здоровец» Электрод №1						
0				112,4	-	1,8
35,3	31,8	33,2	31,0	32,0	90,6	1,1
70,3	60,0	65,2	61,9	62,3	88,7	2,6
104,9	90,3	96,9	89,9	92,4	88,0	4,0
139,2	122,0	126,1	122,5	123,6	88,8	2,2
173,2	146,1	156,0	146,1	149,4	86,2	5,7
Родник «Здоровец» Электрод №2						
0				108,0	-	0,0
35,3	31,2	31,2	31,2	31,2	88,3	0,0
70,3	56,8	64,0	64,0	61,6	87,6	4,1
104,9	87,2	95,7	87,2	90,0	85,8	4,9
139,2	123,2	123,2	123,2	123,2	88,5	0,0
173,2	143,6	154,5	143,6	147,3	85,0	6,3

Расчеты показывают, что при использовании градуировочной характеристики в координатах $E=f(\lg C(\text{Cl}^-))$ во всех случаях количество найденных хлоридов существенно меньше количества введенных и оно колеблется в пределах от 78 до 91%, что соответствует порядку значения табличным $k_{\text{акт}}$ хлоридов.

Для подтверждения этого факта необходимо было определить именно концентрацию хлоридов в исследованных водах, что и было выполнено методом потенциометрического титрования хлоридов раствором AgNO_3 по дифференциальным и интегральным кривым потенциометрического титрования (рисунок 2).

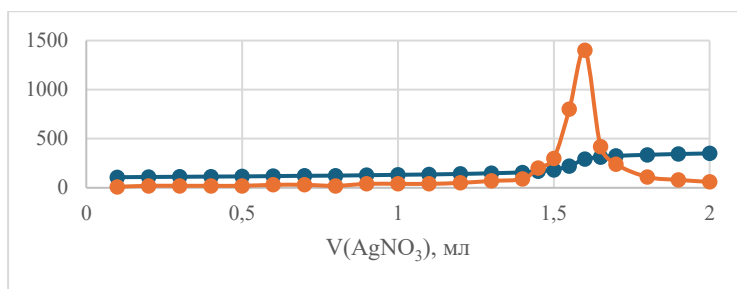


Рисунок 2 – Дифференциальная и интегральная кривые потенциометрического титрования хлоридов в воде родника «Здоровец»

Сравнение результатов определения массовой концентрации хлоридов методом титриметрического титрования и активности хлоридов методом прямой потенциометрии указывает на то, что в условиях эксперимента по методу стандартных добавок находим активности хлоридов, значения которых непосредственно связаны с солесодержанием родниковых вод (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение результаты определения хлоридов методом титриметрического титрования и методом прямой потенциометрии

№ пп	Родник	Найдено, мг/л (n=3)		k _{акт}
		Титриметрия, C(Cl ⁻)	Потенциометрия, a(Cl ⁻)	
1	Бушмановский	47,9	39	0,81
2	ул. Садовая	90,0	78	0,88
3	Св. Лаврентий	80,6	72	0,84
4	Здоровец	129,0	110	0,89

Статистическая обработка результатов потенциометрического определения хлоридов методом «введено-найдено» данных, представленных в таблице 1, а также данных, полученных при исследованиях на водах из других трех родников (n=20), показывает, что для электрода 1 k_{акт}=(0,84±0,04), а для электрода 2 k_{акт}=(0,83±0,04). В обоих случаях стандартное отклонение не превышает 5 %, поэтому можно считать, что воспроизводимость результатов потенциометрического определения хлоридов методом «введено-найдено» составляет 5 %.

Выводы.

1. Результаты статистической обработки потенциометрического определения хлоридов в модельных растворах и родниковых водах с использованием двух хлоридселективных электродов и двух потенциометров по методу «введено-найдено» показали, что воспроизводимость таких определений по значениям стандартного отклонения составляет 5 %.

2. В условиях эксперимента (фон – 0,1 моль/л KNO₃, электрод сравнения двухключевой ЭСр-101103) по методу «введено-найдено» в исследованных растворах в координатах $E=f(\lg(C(Cl^-)))$ определяется активность хлоридов, что установлено с использованием метода потенциометрического титрования. Для перевода активности в концентрации в условиях проведенного эксперимента можно использовать коэффициент

активности равный $0,83 \pm 0,04$ (для стандартных условий коэффициент активности KCl 0,78).

Список литературы:

1. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М. Сухотина. – Ленинград: Химия, 1981. – 485 с.
2. ЭЛИС-131Сl электрод ионоселективный. Паспорт. ГРБА.418422.015-12 ПС.pdf. – URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1744377713&tld=ru&lang=ru&name=ЭЛИС-131Сl%20электрод%20ионоселективный.%20Паспорт>. Дата обращения 12-04-25. (дата обращения: 11.04.2025).
3. Аналитическая химия. Количественный химический анализ: учебное пособие / О.К. Тихонова, Л.А. Дрыгунова, Н.И. Белоусова, Т.А. Шевцова / под ред. Тихоновой О.К. – Томск: СибГМУ, 2015. – 199 с.
4. О стабильности химического состава родниковых вод по результатам «анализа первого дня» / М.Е. Пинчук, Е.А. Лапина, А.И. Филитов, А. Караяни // В сборнике «Материалы Университетской студенческой научно-практической конференции Калужского государственного университета имени К.Э. Циолковского». Материалы конференции. – Калуга, 2023. – С. 173-180.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ,
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**
УДК 728.83

**Культурно-ландшафтный подход к изучению, сохранению и развитию
дворянских усадеб**

О.И. Алейников

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Усадебное наследие Калужской земли очень богато и насчитывает в настоящее время более 200 усадебных комплексов, имеющих разную степень сохранности. Усадьба «Воробьёво» одна из таких. История её возникновения связана с именем известного русского врача хирурга Сергея Петровича Фёдорова. В статье рассматриваются основные этапы становления и современное состояние усадебного комплекса. Являясь объектом

культурного наследия регионального значения, усадьба в настоящее время находится в жалком состоянии. Предпринимаются попытки её сохранения.

Ключевые слова: культурно-ландшафтный подход, усадьба «Воробьёво»; С.П. Фёдоров, особняк в стиле модерн; санаторий «Воробьёво», современное состояние, объект культурного наследия регионального значения.

Cultural and landscape approach to the study, conservation and development of noble estates

O.I. Aleynikov

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The estate heritage of Kaluga land is very rich and currently includes more than 200 estate complexes with varying degrees of conservation. The Vorobyovo estate is one of them. The history of its origin is connected with the name of the famous Russian surgeon Sergei Petrovich Fedorov. The article discusses the main stages of the establishment and the current state of the manor complex. Being an object of cultural heritage of regional importance, the estate is currently in a poor condition. Attempts are being made to conserve it.

Keywords: cultural and landscape approach, Vorobyovo estate, S.P. Fedorov; Art Nouveau mansion, Vorobyovo sanatorium, modern condition, cultural heritage site of regional significance.

В последние десятилетия усадебная культура привлекает к себе особое внимание. В настоящее время на территории Калужской области насчитывается более двухсот усадеб. Есть те, которые, благодаря рачительному отношению властей и общества получили «вторую жизнь» и являются музеями под открытым небом. Но есть и те, которые ветшают и разрушаются. Некоторые из них уже не спасти, они практически полностью разрушены и временем, и человеческим безразличием.

Старинные дворянские усадьбы представляют собой цельный культурно-ландшафтный комплекс, который создавался столетиями и многочисленными хозяевами. Конечно, их масштабы во многом зависели от состоятельности веса в обществе их обитателей. Одни из них – это шедевры садово-паркового искусства с великолепными ансамблями, сочетающие в себе архитектурные изыски и природные и созданные человеком уникальные ландшафты. Другие – скромные имения в сельской глубинке, не такие

богатые, но и не заурядные, с не столь богатой архитектурой, но чудесным образом вписавшиеся в окружающую природу.

Но, тем не менее, практически все усадьбы с тем или иным размахом сочетали в себе схожие элементы: парадные архитектурные сооружения, природные и антропогенные ландшафты. Классическими атрибутами большинства усадеб были господский дом, хозяйственные постройки (конные и скотные дворы, амбары, оранжереи, теплицы), флигели для прислуги, беседки, регулярный парк, цветники, пруды, в т.ч. каскады, мостики, перекинутые через искусственные каналы и др. Размах территории и величие сооружений зависели только от финансовых возможностей обитателей усадеб. Отличительной чертой русских усадеб являлось соединение в единый комплекс природных особенностей территории (рельеф, естественные водоёмы и др.) и новаторской и экспериментаторской архитектурной мысли проектировщиков.

Одним из таких дивных мест была усадьба «Воробьёво». Она расположена в одном из живописнейших мест Калужского края, на водоразделе небольших рек – Суходрев и Рожня, в Малоярославецком районе, близ д. Воробьёво. От районного центра – г. Малоярославца – усадьба находится в 16 км, от областного центра в 44 км – на автомагистрали Калуга – Детчино – Малоярославец. Да и Москва не так уж и далеко, менее 140 км.

В административном отношении усадьба находится в пос. Алёшково, относящееся к сельскому поселению «Деревня Воробьёво».

Обычно старинные русские усадьбы в советское время использовались по-разному. Где-то в сохранившихся постройках (главным образом в барских домах) располагались правления колхозов и совхозов, сельские советы, школы, интернаты, детские дома, больницы и т.п. Усадьба «Воробьёво» в этом отношении выглядит особо – она уже сама располагается на территории одноимённого санатория. Да и от усадьбы то сохранился только главный дом. Все остальные атрибуты старинной русской усадьбы канули в лета. Ну об этом, как раз, по порядку.

Сельцо Воробьёво Детчинской волости Малоярославецкого уезда Калужской губернии впервые упоминается в XVIII веке и в разные времена принадлежала представителям различных дворянских родов: Иванову Н. М., Ларионовой М. И., Бочкарову (Бочкарёву) Н. С. [2, с. 38].

Как отмечает калужский краевед Александр Пантелеевич Луняков [3, с. 2-3], в д. Воробьёво до третьей четверти XVIII в. находились также

усадьбы помещика Бахтеярова В. П., прапорщика Тювикова Н. И. и их наследникам. Затем обе усадьбы перешли во владение подпоручика Дурново В. П. и его семьи. И, наконец, с конца XIX века и почти до середины 1919 г. здесь размещалось имение известного русского врача хирурга Сергея Петровича Фёдорова.

С. П. Федоров родился 23 января 1869 г. в Москве в семье доктора медицины хирурга Петра Никитича Фёдорова. Сергей Петрович был старшим сыном в семье.

В 1886 году, с отличием окончив классическую гимназию и решив продолжить дело отца, поступил на медицинский факультет Московского университета, который с отличием окончил 1891 году.

С 1903 г. С. П. Фёдоров – профессор и заведующий кафедрой госпитальной хирургической клиники Санкт-Петербургской Военно-медицинской академии.

В 1912 г. за выдающиеся заслуги С. П. Фёдоров назначен на должность лейб-хирурга Императорской семьи. В годы Первой мировой войны он сопровождал Императора Николая II и Цесаревича Алексея в поездках на фронт.

Он в совершенстве владел французским и немецким языками, музицировал, пел и сочинял романсы. Его коллеги отмечали, что был он к тому же обаятельнейшим, интереснейшим человеком, тонким собеседником.

Февральский, а затем Октябрьский переворот поставили С.П. Федорова перед выбором своего дальнейшего пути. Многие из людей его круга, кто добровольно, кто вынужденно, покинули Россию. Однако, Сергей Петрович Фёдоров был, прежде всего, врач, ученый, по всей видимости, неисправимый прагматик. А это значит, воспринимал жизнь так, как она есть, отмечая всё, что лежит вне неумолимой действительности. В России была нужда в его знаниях, опыте, энергии. По-видимому, это и определило его выбор. Стремление служить народу, развивать русскую хирургию лежало в основе решения Сергея Петровича остаться в разоренной войной голодной России. Это определило дальнейшую судьбу С.П. Федорова как советского хирурга и ученого.

Но начало работы в Советской России шло не так гладко. Дважды, в 1920 и 1921 г., его арестовывали по сфабрикованным делам. Неизвестно, как сложилась бы судьба бывшего лейб-медика С.П. Фёдорова, ставшего «лучшим хирургом Красной Армии», если бы не вмешательство писателя

Алексея Максимовича Горького, который помог избежать ему длительного заключения.

В 1928 г. С. П. Федорову было присвоено звание заслуженного деятеля науки. В 1933 году, в ознаменование сорока лет работы, он первым из советских хирургов был награждён орденом Ленина.

Умер Сергей Петрович 15 января 1936 года, после двух лет тяжёлой болезни. Похоронен в Ленинграде.

Но вернёмся в усадьбу. В д. Воробьёво в 1897 г. Сергей Петрович приобрел большой участок земли. С 1898 и по 1904 г. в имении велись строительные работы. Проект главного усадебного дома был разработан шведским инженером Гуннаром Свенсоном. Некоторые специалисты называют автором проекта дома знаменитого архитектора, гения модерна, Льва Кекушева, а шведского инженера-строителя Гуннара Свенсона – лишь руководителем строительства.

К 1904 г. здесь появляется оригинальный бело-голубой двухэтажный особняк в стиле модерн, с окнами всевозможных форм и размеров – прямоугольных, арочных, овальных, ступенчатых. Дом был сооружён на холме, с которого открывались великолепные виды на окрестности. Своим фасадом и угловой башней с узкими окнами-бойницами дом напоминал средневековой замок. В дом можно было попасть с четырёх входов. Все фасады здания не похожи друг на друга. Его объёмная структура усложнена террасами, балконами, открытыми и крытыми верандами, выступами и крыльцами. Дом имел 9 жилых комнат и мансарду. На первом этаже располагались прихожая, буфетная, столовая, гостиная и библиотека, насчитывавшая более 5 тыс. книг, которыми пользовались хозяин с хозяйкой и приезжавшие в усадьбу студенты-медики. Из гостиной можно было подняться по парадной лестнице на второй этаж, где располагались кабинет Сергея Петровича, 3 спальни, кладовая и туалетная комната [4, с. 73]. На второй этаж можно было попасть ещё и по винтовой лестнице в башне.

В это же время на средства медика в Воробьево были построены амбулатория с аптекой для крестьян и церковноприходская школа. Хозяин имения и приезжающие на лето студенты безвозмездно принимали больных из местных жителей и окружающих деревень.

В усадьбе был высажен большой плодовый сад, разбит сквер, оранжерея, создан парк с прудами. Парк был распланирован на плато и на склоне к р. Суходрев. Из известного кубанского питомника были привезены 100 лиственниц, 25 кедров сосен и пихт, около 200 душистых туй и столько

же кустов боярышника, почти 1000 яблонь, голубые ели, грабы, ясени... Были посажены сиреневая и розовая аллея. Сад и огород поливались гидротараном из четырех бассейнов. Для реки прорыли новое русло – ближе к дому, плотиной образовали пруд, на берегах которого устроили лодочную станцию и две купальни. На северо-востоке усадьбы по склону к реке спускался массив соснового бора.

На территории усадьбы также размещались разнообразные хозяйственные постройки: кухня (в доме её не было), контора, подвал, амбар, каменная теплица, баня, многочисленные сарайчики (хлебный, пчельник, плужный, каретный, тележный, сенной), птичник, скотный двор, конюшня, зерносушилка, купальня. Таким образом, в имении всё было устроено очень рационально и удобно для успешного ведения хозяйства.

По мнению краеведа Е. Д. Глинкова, «Сергей Петрович в вопросах содержания усадьбы был предельно бережливым, не терпел разного рода украшательства в виде бесполезных беседок и гротов... Интерьер дома тоже был довольно скромным» [1, с. 170].

В мае 1919 г. в усадьбу С. П. Фёдорова пришли представители советской власти с заявлением о конфискации усадьбы и необходимостью экспроприировать имущество [4, с. 78].

Так усадьба Фёдорова была передана в ведение Калужского Губсовхоза.

В 1936 г. Московский обком профсоюзов высшей школы принял решение об открытии в бывшей усадьбе «Воробьёво» дома отдыха. Был отремонтирован барский дом (там расположилась администрация), построена столовая и несколько корпусов, лестница к реке, беседки в парке, лодочная станция. К началу войны дом отдыха принимал до 400 отдыхающих одновременно.

Суровой зимой 1939-40 года вымерз сад и часть деревьев в парке, в том числе все кедры и туи.

В июне 1941 г. на базе дома отдыха «Воробьёво» был развёрнут госпиталь под № 4043. В октябре 1941 г., в связи с приближением фронта, госпиталь был эвакуирован.

Но оккупация, к счастью, продлилась недолго и уже 2 января 1942 г. Воробьёво было освобождено. 187 солдат и офицеров пали за освобождение Воробьёва. За время оккупации были сожжены спальные корпуса, разрушено оборудование мастерских, водокачки, в столовой была конюшня.

Летом 1942 г. в «Воробьёве» разместился госпиталь под № 4098, а в сентябре дополнительно был открыт дом отдыха для лётчиков.

Осенью 1944 г. госпиталь переехал вслед за удаляющимся фронтом, и до конца войны здесь оставался дом отдыха для лётчиков. Сразу после войны, 25 мая 1945 г. ВЦСПС утвердил постановление ЦК профсоюзов высшей школы об организации на базе бывшего дома отдыха «Воробьёво» санатория общего типа. Началась реконструкция территории и строительство корпусов. С 1957 г. санаторий стал специализированным – кардиологическим. Сейчас санаторий относится к климатическим лечебно-профилактическим учреждениям республиканского значения. Корпуса современного санаторного комплекса построены в 1960-1970 гг.

К сожалению, усадебный дом – это единственная постройка, сохранившаяся до наших дней. Многочисленные здания и малые архитектурные формы утрачены, регулярный парк частично перепланирован с посадкой клёнов, берёз и хвойных пород [5, с. 67].

В 1989 г. на общественных началах, по инициативе администрации и при самом активном участии врача Нелли Николаевны Копосовой был организован музей санатория «Воробьёво». Музей располагался на втором этаже тогда ещё административного корпуса. Подняться в музе можно было по винтовой лестнице. Казалось бы, старинный усадебный дом получит новую жизнь, сохранится для потомков в первозданном, или почти в первозданном, виде. Ан нет. Просуществовал музей недолго. В начале 2000-ых годов существовал даже муниципальный «Дом-музей Фёдорова С.П.», о чём гласила синяя табличка. Но и он приказал долго жить...

Современное состояние главного дома бывшей усадьбы С. П. Фёдорова, мягко говоря, удручающее.

Да, остался красивый «замок»... Но издалека. Подходя ближе, видны серо-зелёные потёки на стенах, разрушающаяся кирпичная кладка, отслаивание и обсыпание штукатурки, покореженные декоративные решётки на окнах, разрушающиеся оконные рамы, обсыпавшиеся карнизы. Особую «пикантность» дому придают растущие на балконах, верандах и террасах берёзы и кустарники.

Вход во внутрь до недавнего времени был свободный – хочешь через двери, хочешь через окна первого этажа. Но заходить туда не советуем.

То, что от внутреннего убранства там ничего не сохранилось, даже от времён бытности административным корпусом санатория, и речи не идёт. Там полнейшая разруха. Единственное, что более-менее сохранилось, так это

каменная винтовая лестница с чугунными перилами, чудом устоявшая перед вандалами. Стены исписаны и порушены, полы усыпаны потолочной штукатуркой, остатками мебели, стеновыми панелями, бутылками и прочим мусором. Есть лежбища бездомных и повсеместно «продукты» их жизнедеятельности. И, наверное, кощунственно смотрится мемориальная доска на здании, посвящённая хозяину этого дома. Вряд ли он хотел бы видеть, что с ним случилось.

Лестница, ведущая к прудам, тоже находится в плачевном состоянии: ступени порушены, лавочки поломаны, клумбы разорены.

Да и пруды уже совсем не те, что видел Сергей Петрович. По берегам до воды склоняются величественные ивы. Склоняются от старости. Руслу Суходрева и протоков между прудами забиты стволами рухнувших деревьев, бытовым мусором. Пруды не чищены, наверное, со времён хозяина усадьбы. С трудом определяется бывшие пляжная зона и лодочная станция.

Территория этой части ландшафта, мягко говоря, не ухожена. И уже давно.

Как же такое могло произойти. Ведь эта усадьба – объект культурного наследия регионального значения Малоярославецкого района и решением Калужского облисполкома ещё от 04.02.91 г. № 35 поставлен на государственную охрану. По-видимому, всё не сохранить. Усадебный дом находится на территории санатория «Воробьёво» и, по всей вероятности, на его балансе. А значит, и за реконструкцию – точнее, ее отсутствие – отвечает собственник, а у него и самого своих проблем хватает. До культурного наследия ли тут? Вопрос риторический...

Интересны отзывы в социальных сетях посетителей усадьбы «Воробьёво» и пациентов санатория. Приведём несколько отрывков из них (https://yandex.ru/maps/org/dom_muzey_sergeya_petrovicha_fedorova/41794943182/reviews/?ll=36.365141%2C54.884123&z=12):

«Особняк очень красивый, напоминает сказочный замок! Музея там нет давно! Усадьба Федорова в плачевном состоянии! Ещё несколько лет и все сравняется с землёй! И никому нет до этого дела! Очень жаль! Грустно наблюдать разбитые окна, стекла, двери! Внутри здания мусор! ... Памятник срочно надо спасать, или мы потеряем его!».

«В 2021 г была в санатории "Воробьево", Калужской обл., где находится Дом-музей С. П. Федорова, сейчас там почти руины, это наше достояние, а никто не занимается реставрацией. Там такая красота, а воздух – закачаешься! ...».

«Как такого дома-музея нет. Висит памятная табличка и все. Двери настежь, внутри разруха. Очень жаль! Сам особняк необычно красив. Вниз к пруду спускается полуразрушенная лестница... Санаторий, на территории которого находится этот особняк, принадлежит Профсоюзам. Вероятно, у санатория не хватает средств на ремонт. Необходимо, чтобы ВООПИиК взял под свой контроль и нашел средства для восстановления. Да сам Федоров достоин уважения и почитания».

«Дом-музей С.П. Федорова – это наверно было лет так десяток назад. Сейчас этот памятник находится в ужасающем состоянии. Все разрушается, ветшает. Неужели можно довести память о Федорове до такого состояния. Неужели нельзя восстановить и использовать такую красоту. Где же наши меценаты? Почему руководство области не видит такого ужаса?! Почему так относится к прошлому нашей страны? Очень жалко, что до этого здания нет никому дела?!».

Думаем достаточно.

Местные жители, приезжие, журналисты, в том числе и московские, не однократно обращались к калужским чиновникам по вопросу восстановления или хотя бы на первом этапе полной консервации здания. Но воз, как говорится, и ныне там. И как тут не вспомнить известную русскую поговорку: «Что имеем – не храним, потерявши – плачем».

И в завершение приведем отрывок из стихотворения поэтессы Юлии Аксёновой «Дом на окраине» [6], который как никогда подходит к описанной выше ситуации:

«Стоит на окраине дом одинокий,
С годами он стал совсем кособокий.
Забиты крест-накрест окошки досками
И почернел весь, омытый дождями.
В деревне когда-то жизнь была ключом.
Здесь спали спокойно предутренным сном.
В полях колосилась пшеница густая,
А в речке бурлила вода голубая...
... Стоит на окраине, как сирота,
Дом, покосившийся и ... пустота ...»

Но, похоже, дело сдвинулось с мёртвой точки.

Летом 2022 г. арбитражный суд Калужской области обязал собственника «Санаторий Воробьево» провести консервацию здания.

По внешнему осмотру автора статьи на 29 марта 2025 г. сам дом только огорожен забором из металлического профиля и металлической сетки, а само здание ещё до сих пор не законсервировано. Напомним, что консервация означает целый комплекс мероприятий, предохраняющих памятник от дальнейшего разрушения и обеспечивающих укрепление и защиту конструктивных частей и декоративных элементов без изменений исторически сложившегося облика памятника.

Растяжка у объекта культурного наследия регионального значения содержит следующую информацию:

«Собственник – АНО Центр развития национальной культуры и ремёсел «Поле» (ОГРН 1227700370534 от 27.06.2022).

Назначение по итогу реставрации: Культурно-выставочное пространство.

Сайт проекта: www.usadbavorobyevo.ru.

Сайт есть, так что будем следить за ходом реставрационных работ.

К сожалению, по-видимому, реставрационные работы не коснутся всего культурно-ландшафтного комплекса усадьбы.

И так и останется стоять на окраине «... как сирота, Дом, покосившийся и ... пустота ...».

Список литературы:

1. Копосова, Н.Н. История дома лейб-хирурга С. П. Фёдорова в Воробьёво / Малоярославец. Проблемы истории и возрождения: Материалы науч. краевед. конф. «Малые города России. Малоярославец – проблемы истории и возрождения», 6-7 окт. 2000 г. – С. 163-172.
2. Кривов, С.И., Гороховатский В. Н. Калужские усадьбы. Краткий путеводитель по дворянским усадьбам, некогда существовавшим и еще сохранившимся на Калужской земле. Выпуск 1. – Калуга: ИП Кошелев А. Б. (Издательство «ЭЙДОС»), 2007. – 150 с.
3. Луняков, А.П. Дом Федорова // Московский журнал: История государства Российского: Литературно-художественный, историко-краеведческий ежемесячный журнал. – № 11 (227). – 2009. – С. 2-9.
4. Сенькина, А.Н. Воробьёво. Из истории малоярославецких усадеб. – Малоярославец, Обнинск: Виноградная лоза, 2014. – С. 69-79.
5. Чижиков, А.Б., Зорин, А.А. Калужские усадьбы. Каталог с картой расположения усадеб. – М., 2007. – 160 с.

6. Аксёнова Ю. Дом на окраине // Стихи.ру: сайт. – 2012. – URL: <https://stihi.ru/avtor/aksenovajuliya>.

УДК 519.7

Техногенные аварии: прошлое, настоящее, будущее

В.И. Ковба¹, Е.А. Чугунов²

¹Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

*²Военная академия радиационной, химической и биологической защиты
им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, Кострома*

В статье авторами на основе ретроспективного анализа ряда крупнейших аварий на нефтеналивных танкерах различного типа, рассмотрены материалы, характеризующие целый комплекс проблем изучения, предупреждения и ликвидации последствий соответствующих техногенных аварий и катастроф как на территории Российской Федерации, так и на территориях зарубежных стран.

Ключевые слова: техногенная авария, катастрофа, нефтеналивные танкеры, ликвидация последствий.

Man-made accidents: past, present, and future

V.I. Kovba¹, E.A. Chugunov²

¹Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Kaluga

*²Marshal Semyon Timoshenko Nuclear, Biological and Chemical Defense
Military Academy, Kostroma*

In the article, the authors, based on a retrospective analysis of a number of major accidents on oil tankers of various types, consider materials characterizing a whole range of problems of studying, preventing and eliminating the consequences of relevant man-made accidents and catastrophes both in the Russian Federation and in the territories of foreign countries.

Keywords: man-made accident, catastrophe, oil tankers, elimination of consequences.

В период стремительного развития научно-технического прогресса высока вероятность возникновения техногенных катастроф. К сожалению,

сохраняется тенденция ежегодного прироста количества возникающих техногенных аварий и катастроф. Проведенный анализ возникших в последние десятилетия техногенных аварий и катастроф показывают, что тенденция возникновения промышленных аварий стремительно возрастает. Последствия, вызванные этими катастрофами и авариями, затрагивают не один регион или страну. Поэтому почти всегда в этих регионах осложняется международная обстановка из-за ущерба, как экологического, так и морального характера. Но хотя всегда после таких техногенных катастроф наносится прямой материальный ущерб сопредельной стране, нарушая отношения между ними из-за обоюдного обвинения в этом друг друга.

Можно ли избежать аварий? Техногенные катастрофы часто происходят как следствие природных катастроф. Но особо хочется отметить причины, которые исходят из-за изношенного оборудования, жадности, халатности, невнимательности... Поэтому память о них служит важным уроком для человечества, потому что природные катастрофы могут повредить людям, но не планете, а вот техногенные несут угрозу абсолютно всему окружающему миру.

Многолетние исследования масштабов и особенностей техногенных катастроф и аварий на нефтеналивных танкерах различного типа, имевших место как в нашей стране, так и в ряде зарубежных стран, неизменно подтверждают, что их последствия во многом определяются: - готовностью к ликвидации аварий соответствующими органами управления; - степенью проработки различных организационных аспектов; - координацией действий различных сил, средств, а также рядом других подобных важных факторов.

Исходя из вышеизложенного целями исследования являются:

1. На основе ретроспективного анализа аварий и катастроф на нефтеналивных танкерах различного типа, имевших место в нашей стране и ряде зарубежных государств, рассмотреть и оценить их возможные масштабы и последствия.

2. Определить основные направления организации взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти при ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф на нефтеналивных танкерах различного типа на территории России.

Большое количество аварий с серьезными экологическими последствиями имеет место ежегодно на объектах нефтяной индустрии и, в частности, при транспортировке на всех видах транспортных средств. В своем ретроспективном анализе и исследованиях особое внимание хочу

обратить на техногенные аварии и катастрофы, связанные с разливом нефтепродуктов в океане, на морях и реках и тех последствиях, которые приносят окружающей среде, нарушая экологический баланс в мире. В последние годы резко обострилась проблема эксплуатации кораблей и судов, перевозящих нефтепродукты, а также проблема работы портов по приему этих нефтепродуктов.

Приведу несколько примеров техногенных аварий произошедшим в зарубежных странах и в России в прошлые годы, которые привели к огромным человеческим жертвам и имеющие огромные экологические последствия.

Так 6 июля 1988 года платформа по добычи нефти в Северном море под названием «Пайпер Альфа» была разрушена в результате взрыва (рис. 1). Пожар, охвативший платформу, не дал персоналу даже возможности выполнить мероприятия по спасению [2, с. 11-14].



Рисунок 1 – Пожар на нефтяной платформе «Piper Alpha»,
6 июля 1988 года

Платформа располагалась в 200 км к северо-востоку от Абердина принадлежала шотландской компании «Оксидентал Петролеум» (установленная в 1976 году) и служила центром управления нефтедобычей на площадке.

В результате взрыва погибло 167 человек из 226 находившихся в тот момент на платформе, только 59 осталось в живых. Понадобилось 3 недели, чтобы погасить огонь, при сильнейшем ветре (80 миль в час) и 70-футовых волнах. Причину взрыва установить так и не удалось.

Ущерб аварии составил 4 миллиарда долларов США. Авария стала причиной мощного взрыва, который полностью уничтожил нефтедобывающую платформу. в течении последующих дней нефть продолжала поступать в северное море, воды которого теперь являются

одними из самых загрязненных в мире. Авария привела к последующему пересмотру норм безопасности работ по добыче нефти в Северном море.

Авария на нефтяной платформе «Deepwater Horizon». Взрыв и пожар случились 20 апреля 2010 года в 80 километрах от побережья штата Луизиана, на месторождении Макондо (рис. 2). Разлив нефти в результате этой аварии стал крупнейшим в истории США и фактически загубил Мексиканский залив.



Рисунок 2 – Пожар на нефтяной платформе «Deepwater Horizon»
20 апреля 2010 года

Это была столь сложная задача, что ее часто сравнивали с полетом на Луну. Но череда технических нарушений и пренебрежение к вопросам безопасности привели к непоправимым последствиям – взрыву на скважине. И вновь причина в человеческом факторе. И вот результат – 11 погибших, миллиардные убытки компании, экологическая катастрофа в Заливе. Но самое худшее, как считает Форд Бретт, президент Oil and Gas Consultants International, состоит в том, что этот выброс «нельзя считать катастрофой в традиционном смысле. Это один из тех несчастных случаев, которые можно было полностью предотвратить» [1].

Авария нефтеналивного танкера «Торри Каньон», которая произошла утром 1967 года, когда в штилевую погоду при хорошей видимости танкер наткнулся на камни у островов Силли вблизи от берегов Великобритании, получил громадную пробоину и застрял. Пробоина в корпусе – 150 метров з которых стала выливаться сырая нефть (примерно по шесть тысяч тонн в час) из все 23 танков. Усилия спасательных служб положительных результатов не давали. Произошли ряд взрывов, которые привели к человеческим жертвам. В связи с тем, что разлитая нефть из-за непогоды быстро начала приближаться к береговой линии было принято решение разбомбить танкер предварительно в бушующее пламя истребители сливали свое горючее. И практически вся оставшаяся в танкере нефть выгорела. Последствия этой

крупнейшей в мире катастрофы с нефтеналивным танкером привела к загрязнению моря, береговой черты большой протяженности, гибели огромного количества морских птиц.

Авария супертанкера «Эксон Вальдез». 24 марта 1989 года через четыре минуты после полуночи супертанкер «Эксон Вальдез» налетел на риф в проливе Принца Уильяма, что возле Аляски. В результате катастрофы в чистейшие прибрежные воды вылилось более 10 миллионов галлонов сырой нефти.

Итоги катастрофы для природы оказались ужасными. По самым скромным подсчетам погибли 86 тысяч птиц, в том числе 139 редчайших белоголовых орлов, 984 морские выдры, 25 тысяч рыб, 200 тюленей и несколько дюжин бобров. Были уничтожены миллионы мидий, морских ежей и других обитателей морских глубин. Не исключено, что тысячи умерших морских выдр утонули в море и остались «неучтенными». Некоторые участки побережья необходимо было промывать моющими химическими средствами по несколько раз [4].

Данная катастрофа, приведшая к разливу большого количества нефти, создала серьезные экологические проблемы в некогда чистых, заповедных местах.

Но современная Россия тоже «не осталась в стороне» по техногенным катастрофам от зарубежных стран и в 2024 году дополнили список техногенных катастроф, связанных с применением нефтеналивных танкеров. 15 декабря 2024 года в результате сильного шторма в Керченском проливе потерпели бедствие два российских танкера – «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» (рис. 3, 4). Волны высотой до 9 метров и ветер скоростью более 20 м/с стали причиной разлома корпусов обоих судов. Эти события привели к одной из крупнейших экологических катастроф на черноморском побережье.



Рисунок 3 – Разлом корпуса танкера



Рисунок 4 – Работы по ликвидации

Танкеры перевозили около 9,2 тысячи тонн мазута, из которых в море попало 2,4 тысячи тонн нефтепродуктов. Площадь загрязнения достигла 400 км², затронув побережья Краснодарского края и западной части Крыма.

Следствием катастрофы стали ряд факторов и причин: организационные ошибки; технические характеристики эксплуатации судов, которые предназначены для эксплуатации преимущественно на реках, водохранилищах и в ограниченных прибрежных морских районах; суда не рассчитаны на плавание в условиях сильного шторма; сложные погодные условия; игнорирование судовладельцами и капитанами судов сезонных ограничений; экипажи судов не были до конца укомплектованы «квалифицированными кадрами»; техническое состояние танкеров («Волгонефти-212» исполнилось 55 лет – судно было построено в 1969 году. Танкер «Волгонефть-239» эксплуатировался с 1973 года). Возраст судов и их длительная эксплуатация вероятней всего стали дополнительным фактором риска.

Но ключевые причины, которые привели к трагедии, все-таки определяются человеческим фактором.

Ущерб экологии после крушения танкеров был оценен Росприроднадзором в 84,9 миллиарда рублей [3].

Общую оценку причин и последствий техногенной катастрофы дал президент Владимир Путин, который внимательно следит за ликвидацией ее последствий. Выступая 19 марта 2025 г. на расширенном заседании коллегии Генпрокуратуры, глава государства подчеркнул: *«Крушение двух танкеров с разливом нефтепродуктов в Чёрном море в конце прошлого года показало, к каким тяжёлым последствиям для людей и природы, экономики приводит пренебрежение правилами безопасности, халатность»*. И вновь пресловутый человеческий фактор!!!

Поэтому вся будущая работа всех российских ведомств, общества и Правительства РФ должна быть направлена на снижение риска и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, имеющих техногенный характер.

Поэтому можно сделать следующие **выводы**.

Как показал анализ в нефтеперерабатывающей промышленности в мире ежегодно происходит в среднем примерно 60 катастроф. Все они сопровождаются человеческими жертвами (до 150 человеческих жизней в каждой катастрофе). Наносится колоссальный материальный ущерб (до 100

млн. долларов). Но что самое пугающее это увеличение частоты катастроф и увеличение их масштабов. Например, в США за последние три десятилетия число такого рода аварий увеличилось в 2,6 раза, а число жертв – в шесть раз. Материальный ущерб возрос в 11 раз.

Почти во всех случаях, как правило такие катастрофы и аварии сопровождаются крупномасштабными пожарами с возникновением огневых штормов и сильным тепловым излучением, взрывами, в том числе объемными. Все такие пожары сопровождаются выбросами токсических веществ. Образуются при таких пожарах паровые и газовые облака.

Список литературы:

1. Грандиозная катастрофа в Мексиканском заливе: причины, реальные последствия и выводы. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/10977-kak-vse-eto-sluchilos-meksikanskiy-zaliv/> (дата обращения 02.04.2025).
2. Завьялов, М.С. Обзор крупнейших аварий и техногенных катастроф, способы их исключения / М.С. Завьялов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2022. – № 46 (441).
3. Из-за чего в Черном море потерпели крушение танкеры, полные мазута: Минтранс назвал причины – 4 апреля 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngs.ru/text/incidents/2025/04/04/75303884/> (дата обращения 04.04.2025).
4. Федоров Константин. «Эксон Вальдез» – катастрофа в проливе принца Уильяма. [Электронный ресурс]. – URL: https://chronoton.ru/past/exxon_valdez (дата обращения 02.04.2025).

УДК 910

Опасности, связанные с развитием оврагов на территории г. Калуги В.И. Меленчук

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье проанализированы некоторые опасности, связанные с главными оврагами как на исторической территории г. Калуги, так и на правом берегу Оки.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, овраги, опасности, Калуга.

Hazards associated with the development of ravines in the territory of Kaluga **V.I. Melenchuk**

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article analyzes some of the dangers associated with the main ravines both in the historical territory of Kaluga and on the right bank of the Oka River.

Keywords: engineering and geological conditions, ravines, hazards, Kaluga.

Для города большое значение имеет положение территории по высоте, характерные углы наклонов местности, генезис и особенности форм рельефа. Территория Калуги с начала освоения имела сложный рельеф, выражающийся в расчленении долинами водотоков, оврагами и балками, также связанный и с особенностями местной гидрогеологии.

Краевед и санитарный врач Ю.А. Вусович в первой трети XX в. оценивал овраги города, отмечая, что часть из них с отвершками, глубиной от 6 до 12 м и шириной от 45 до 230 м. В овраги открывались стоки канализации, устраивались нелегальные свалки мусора и нечистот. Практически все овраги не были благоустроены, насаждения были только на участках Березуйского и Жировского оврагов. Попытки засадки склонов оврагов деревьями не увенчались успехом – большая часть из насаждений погибла [2, с. 18-22].

С XVIII в. территория Калуги постепенно выполаживалась, в том числе и за счёт засыпания оврагов. Менялось их значение как естественных дрен территории, что приводило к увеличению «влажности почвы». В то же время за счёт сокращения территорий под оврагами и приспособления неудобных мест увеличивалась территория для потенциальной застройки.

Целый ряд планов города XVIII-XIX вв. (планы периода Генерального межевания, 1848 г., 1912 г. и др.) сохранили сведения об оврагах на территории города, в том числе и тех, которые в значительной степени были преобразованы либо полностью засыпаны в ходе развития населённого пункта.

Некоторые черты дозастроеного рельефа Калуги можно представить, совмещая исторические топографические материалы с современными по известным «реперным точкам» [5]. Одновременное привлечение других

картографических материалов, описаний и фотоматериалов разного времени позволяет выяснить расположение ещё большего количества оврагов. При этом особенный интерес вызывает уточнение расположения полностью преобразованных (исчезнувших) при застройке элементов геоморфологии [3, с. 12].

Для Березуйского врага, пережившего различные попытки рукотворных вмешательств отмечено проявление оползневых явлений, например, со стороны ул. Марата и бывших Давингофских бань (бань №1), а также неоднократное заложение донного оврага, что вынудило сделать коллектор для отвода ливневых вод (в наши дни он не выполняет в полной мере свою функцию). При этом на отдельных участках овраг демонстрировал признаки балки (выполаживание, задерновывание и зарастание), что можно связать с их относительной устойчивостью.

Некоторые опасности, характерные для территории города Калуги, связанные с оврагами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые геологические опасности, связанные с развитием оврагов на территории Калуги и правого берега

Название оврага	Некоторые особенности и виды хозяйственного использования территории	Опасности				
		подтопление (техногенное)	просадки (суффозия)	овражная эрозия	оползни	карст
Левый берег, историческая часть города						
Железняковский	протекает ручей Железняковский; отмечались выходы бурого угля	+		+		+
Городецкий	застроен гаражами	+		+		
Серебриковский (Васильевский, овраг Киселёва)	засыпан мусором; застроен гаражами	+		+		
Яченский	из пруда на вершине вытекал ручей; засыпан; застроен	+		+	+	

	домами					
Нижне-Садовый	засыпан и застроен	+	+			
Берендяковский	засыпан мусором; застроен домами	+		+		
Березуйский	верхняя треть засыпана; протекает Березуйский ручей, в который впадал Безымянный ручей; возведён Каменный мост; устраивались плотина, бани, возводились часовни (деревянная и каменная над родником «Здоровец»); проводилось озеленение; устроен коллектор	+	+	+	+	+
Городенский (Полицейский или Ильинский, нижняя часть – Трубянский) ров	протекала р. Городенка (Городенский ручей); в 1780-х гг. засыпан и ручей был забран в деревянные трубы; застроен	+	+	+		
Зелёный	по дну протекал Зелёный ручей; отмечались выходы известняка; засыпан; застроен домами	+	+	+		+
Жировский (Никитский или Казинский)	протекает Жировский ручей; отмечались выходы известняков; верховья оврага во второй половине XIX в. были засыпаны, около 1820-х гг. устроена земляная плотина и создан большой водоём (не существует); склоны	+	+	+	+	+

	частично застроены домами и гаражами; устроен коллектор ливневой канализации; свалки мусора					
Рождественский	отмечались выходы известковых пород; засыпан и застроен домами	+	+			
Киёвский	отмечены выходы известняков; свалки мусора; гаражи	+	+			+
Болдасовский (Красный) с отвершком	засыпался мусором; была плотина с мельницей и водоём; застроен гаражами и домами; по насыпи проходила ж. д.	+	+	+		
Змиев верх	протекал ручей; засыпан; застроен	+	+			+
Правый берег						
Ромодановский	протекает ручей Острожня	+		+		
Можайский (ООПТ)	выходы известняков; порча почвенно-растительного покрова; засыпается мусором; вырубка деревьев в д. Ромодановские дворики; сброс канализации; свалка мусора	+	+	+	+	+
Бабаевской	по дну течёт ручей; левый склон застроен	+		+	+	
Овраг у д. Пучково	протекают ручьи Пучковка и Корчака (верховья пересыхают), застраивается	+		+	+	

Антропогенизация привела к ещё большему изменению городской среды, в которой активно нарушалось подземное пространство в результате перемещения грунтов, возведения глубоких фундаментов, подвалов, подземных и цокольных этажей, прокладки коммуникаций. Овраги (Березуйский, Жировский, Болдасовский и др.) и их отвершки постепенно засыпались, в некоторых местах сами они преграждались плотинами либо запрудами с устройством водоёмов (Жировский, Яченский). Террасирование, создание подпорных стенок, дренажных систем – неотъемлемая часть этих участков городской территории. Изменялись и свойства водоупоров, нередко без централизованного регулирования поверхностного и подземного стока, что наблюдалось вплоть до конца XX века. При этом гидрогеологические условия формирования и залегания грунтов привели к риску возникновения техногенных подтоплений [1]. Также возможны просадки, вызванные суффозией (в том числе в техногенных грунтах), либо карстовыми явлениями (Киёвский). Инженерно-геологические условия также провоцируют оползневые явления [4].

В советское время ряд оврагов на территории города (районы в начале и в конце ул. Пролетарской) был приспособлен для размещения гаражей (автокооперативов). Здесь вероятно проявление признаков плоскостной и овражная эрозии, также возможно формирование оползневых склонов.

Овраги города по-прежнему играют важную роль как элементы экологического каркаса и продолжают участвовать в дренировании территории. Формирующиеся по тальвегам этих отрицательных форм рельефа постоянные и временные водотоки (в том числе забранные в трубы коллекторов) собирают в себя стоки, образующиеся в течение года, и выводят их в ближайшие крупные водотоки (р. Ока и её притоки первого и второго порядка).

Негативно сказывается на состоянии оврагов сведение кустарников и деревьев, нарушение почвенно-грунтового покрова, продолжающееся засыпание различным мусором и строительными отходами, застраивание склонов, несанкционированный сброс канализационных стоков. В районе закрытого Турьинского карьера возможно дальнейшее образование промоин и молодых оврагов, разрушающих поля. На правом берегу опасность могут представлять оползневые явления характерные для оврагов в районах населённых пунктов Ромоданово, Некрасово, Тинино и Пучково.

Из вышеизложенного следует, что при возможном будущем использовании территорий, связанных с оврагами или потенциальной

возможностью их образования необходимо учитывать, что основную опасность могут представлять геологические опасные явления, связанные с овражной эрозией, просадками и оползневыми явлениями. При этом наибольшая опасность будет характерна для территорий с одновременным проявлением сразу нескольких неблагоприятных процессов.

Список литературы:

1. Аствацатурова, К.А. Типизация инженерно-геологических условий городских территорий для их строительного освоения обоснования схем инженерной защиты: Автореф. дисс... кандидата геолога-минералогических наук / К.А. Аствацатурова. – Москва: на правах рукописи, 2009. – 26 с.
2. Вусович, Ю.А. Медико-топографическое описание города Калуги / Ю.А. Вусович, зав. окр. лабораторией; Калужская окружная сан-бактериолог. лаборатория. – Калуга: Окргздравотд., 1929. – С. 18-22.
3. Юрьев, Ю. Пройдёмся по «верхам»: 5 фактов о калужских оврагах // Калужская неделя. – 2020. – № 05 (930). – С. 12.
4. Разумовский, О.О., Рачков, М.М. Схематическая инженерно-геологическая карта. Масштаб 1:50 000. 1990. Рукопись.
5. Старые карты городов России онлайн. Это место. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.etomesto.ru/?ysclid=m7kfs5y73m41789199> (дата обращения 10.12.2024).

УДК 528.4

Использование ГНСС-технологий для создания топографического плана участка местности «Лаврентьевский родник» средствами геоинформационной среды QGIS

Т.К. Петровская, М.В. Захарова, Н.А. Сафонова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье описывается последовательность полевых и камеральных работ, необходимых для выполнения топографо-геодезической съёмки участка местности «Лаврентьевский родник» с использованием ГНСС-приёмника. Приводятся результаты создания топографического плана отснятого участка местности в геоинформационной среде QGIS.

Ключевые слова: топографо-геодезические работы, ГНСС-технологии,

топографический план, инструменты QGIS.

Using GNSS technologies to create a topographic plan of the Lavrentievsky Rodnik by QGIS geoinformation environment

T.K. Petrovskaya, M.V. Zakharova, N.A. Safonova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

Sequence of field and camera work required to perform a topographic and geodetic survey of the Lavrentievsky Rodnik using a GNSS receiver is described in this article. Results of creating a topographic plan of the captured area in the geographic information environment of QGIS are presented too.

Keywords: topographic and geodetic works, GNSS technologies, topographic plan, QGIS tools.

Топографо-геодезические работы с помощью ГНСС-приёмника EFT M1 Plus на участке местности «Лаврентьевский родник» выполнялись авторами в рамках утверждённой в 2023 году программы образовательных и научно-исследовательских мероприятий между Институтом естествознания КГУ им. К.Э. Циолковского и ООО фирма «Экоаналитика».

Известно [1, 2], что для успешного выполнения спутниковых измерений необходимо проведение комплекса предварительных практических и вычислительных работ с целью определения наиболее оптимального времени выполнения высокоточных ГНСС измерений для заданной местности и заданной даты. Для достижения этой цели были последовательно решены следующие задачи:

1. Оценено текущее состояние группировок ГНСС на дату проведения измерений 04.07.2023 г., которое характеризуется как удовлетворительное.

2. Скриншот изображения, показывающего положение ГНСС спутников на небесном горизонте на текущий момент, представлен на рис. 1.



Рисунок 1 – Расположение спутников на небесной сфере по данным приемника EFT M1 Plus

3. На рис. 2 показано определение приближённых координат места будущих ГНСС измерений на карте Google Earth.

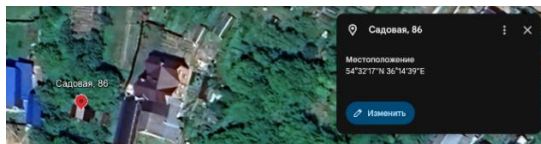


Рисунок 2 – Определение географических координат места с помощью Google Earth

4. Оценка возможных препятствий для распространения сигналов ГНСС по снимкам Google показана на рис. 3.



Рисунок 3 – Схема препятствия для распространения сигналов ГНСС по снимкам Google

5. Значение параметра PDOP (фактор снижения точности) сильно зависит от количества наблюдаемых спутников и при большом их числе, как правило, PDOP мал, считается, что это время оптимально для проведения ГНСС измерений. На дату проведения измерений 04.07.2023 г. фактор PDOP = 1,5 (рис. 1), что означает отличную геометрию, следовательно, является наилучшем временем для проведения ГНСС измерений.

6. Значение K-индекса на дату проведения измерений 04.07.2023 г. колеблется около 2, что свидетельствует об отсутствии значимого влияния «космической погоды» на результаты ГНСС измерений.



Рисунок 4 – Графики K-индекса, соответствующие высокой и низкой активности в ионосфере

Результатом ГНСС измерений приемником EFT M1 Plus 04.07.2023 г. являются координаты и высоты участка местности «Лаврентьевский родник», которые использованы для построения ситуационного и топографического плана местности (табл. 1).

Таблица 1 – Координаты точек в системе координат МСК-40

№	X, м	Y, м	H, мБс
1	433272,3	1299396,4	152,2
2	433276,8	1299397,7	138,2
3	433276,2	1299395,4	146,8
4	433278,4	1299393,5	152,2
5	433272,5	1299392,3	146,3
6	433272,8	1299390,1	148,6
7	433272,1	1299390,6	151,3
8	433265,5	1299396,5	135,5
9	433273,2	1299398,9	153,3
10	433271,4	1299388,0	170,7
11	433279,2	1299386,5	151,2
12	433276,1	1299384,9	149,9
13	433270,4	1299384,4	148,8
14	433265,2	1299382,2	151,4
15	433265,3	1299375,7	151,5
16	433266,1	1299372,1	147,4
17	433268,3	1299369,5	148,7
18	433273,4	1299359,6	147,5
19	433274,7	1299367,4	150,1
20	433268,0	1299370,7	147,5
21	433266,9	1299374,8	148,6

Создание картографического проекта в геоинформационной системе QGIS начинается с импорта данных топографической съёмки, для проверки корректности привязки координат создаётся подложка в виде электронной Яндекс карты.

Следующий этап предполагает создание модели данных карты, которая представляет собой перечень векторных слоёв в виде географических примитивов – точек, линий и полигонов.

Визуализация ситуации местности способом оцифровки электронной карты позволила получить слои «Автомобильные дороги», «Дома», «Тропа», «Лесная тропа», «Лестница», «Роща», «Родник», которые показывают общую ситуацию исследуемой местности (рис. 5).

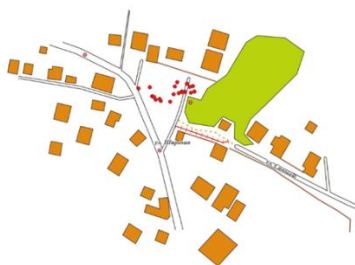


Рисунок 5 – Результат векторизации данных

Однако, топографический план местности – это план земельного участка, на котором приводится не только ситуационная съёмка, но и характеристики рельефа в виде системы горизонталей. Для построения изолиний использовался инструмент «Multilevel B-Spline Interpolation», входящий в состав SAGA GIS, как дополнение к геоинформационной системе QGIS, благодаря которому получается готовый план исследуемого участка в горизонталях (рис. 6).

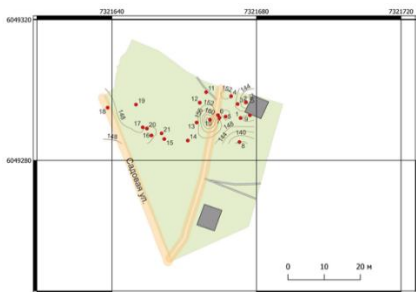


Рисунок 6 – Топографический план участка местности «Лаврентьевский родник», М 1:500

Таким образом, в статье показана технология создания топографического плана средствами ГНСС-технологий и геоинформационной системы QGIS.

Список литературы:

1. Харьбин, Т.А. Перспективы применения ГНСС в геодезии и картографии // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово: КузГТУ, 2016. – С. 51.
2. Августинович, А.С., Снегирева, Е.В. Геодезические работы с использованием спутниковых систем // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. – Белгород, 2023. – С. 16-20.

УДК 332.6.7

Актуальность использование геологической информации при проведении оценочного зонирования (на примере г. Калуги)

Э.Ю. Сулова

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

Актуальность данной темы заключается в том, что на сегодняшний момент отсутствует методика учета геологических факторов при проведении

оценочного зонирования в рамках кадастровой оценки несмотря на то, что инженерно-геологические факторы – это одни из самых основных факторов, которые способны влиять на рыночную стоимость объектов недвижимости.

Ключевые слова: экологические факторы, законодательство Российской Федерации, земельные участки, кадастровая оценка

Using of geological information during price zon-ing (on the example of Kaluga)

E.Yu. Suslova

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The relevance of this topic lies in the fact that at the moment there is no methodology for taking into account geo-logical factors when conducting estimated zoning within the framework of cadastral valuation, despite the fact that engineering and geological factors are one of the most basic fac-tors that can affect the market value of real estate.

Keywords: environmental factors, legislation of the Russian Federation, land plots, cadastral valuation

На современном этапе процесс проведения оценочного зонирования регламентирован и является одним из этапов государственной кадастровой оценки [1].

Базовые принципы оценки содержатся в нормативно-правовых актах. Все методики государственной кадастровой оценки основаны на подходах и методах оценки рыночной стоимости объектов недвижимости [2]. В процессе зонирования территория разделяется на оценочные зоны по характерным факторам: территориальным, функциональным, экономическим [5]. При этом отсутствуют более или менее устоявшиеся взгляды на зонирование территорий по геологическим факторам.

Определение ценовых зон объектов недвижимости и в особенности объектов капитального строительства с учетом специфические свойств грунтов даст наглядное представление о рынке недвижимости особенно для городов с развитой инфраструктурой. Город Калуга – административный центр Калужской области, которая является одним из самых экономически развитых субъектов РФ. В городе Калуга активно развивается рынок новостроек и имеется старый жилой фонд.

Согласно Генеральному плану, г. Калуга расположен на северо-

западном склоне Среднерусской возвышенности и представляет собой пологоволнистую равнину с разветвленной гидрографической сетью [3]. В пределах города выделяются разнообразные морфологические элементы: долины рек Ока и р. Яченки, Яченское водохранилище, долины малых рек и ручьев, водноледниковые равнины, овраги. Это находит отражение в рельефе и определяет специфику инженерно-геологических условий.

В геологическом строении присутствует фундамент и осадочный чехол, последний находится в сфере хозяйственной деятельности. Осадочный чехол сложен, преимущественно четвертичными и палеозойскими (каменноугольными отложениями). Четвертичные отложения представлены сложно построенными дисперсными грунтами преимущественно ледникового генезиса. Каменноугольные отложения – скальные и полускальные грунты, сложенные карбонатными отложениями с развитыми карстовыми процессами. Наличие значительной расчлененности территории, специфические инженерно-геологические условия и техногенное воздействие предопределили: подтопление грунтовыми водами; линейную эрозию, карстово-суффозионные процессы, оползни. Все это определяет планировочную структуру города, но не находит отражение в ценовой политике на недвижимость. Всего в городе Калуга выделено пять ценовых зон, выделенный в большей части по расположению от ул. Театральная, которая принята в качестве центра города, а также сложившимся городским устоем [4].

1 зона. Здесь находятся наиболее престижные для проживания районы Центральная часть города от сквера Мира до площади Победы и от ул. Достоевского до Пятницкого кладбища; район ул. Гагарина и парка им. Циолковского. Сюда входит и Правобережье, где расположены современные жилые многоэтажные комплексы.

2 зона. Территории исторического центра (от Каменного моста до ул. Салтыкова-Щедрина); район площади Московской, дворца спорта «Центральный», ул. Чичерина, Сосновой роши, районы улиц Никитина, Болдина, Тульская (микрорайоны «Спичка», «35 Завод»), Степана Разина, Салтыкова-Щедрина, М. Жукова, «Черемушки», площадь Маяковского, Подзавалье и спальные районы города с развитой инфраструктурой: микрорайоны Турынино, Хрустальный, Тайфун, Бушмановка, Дубрава, Нефтебаза, Терепец, Азарово, Кубяка, Байконур, Северный, Анненки.

3 зона. Силикатный, Малинники, Ольговский, либо менее развитые микрорайоны, расположенные ближе к центральной части города – Серeda,

906 база, район улиц Бутомы, Зерновой, Машзавода. Микрорайоны имеют развитую социальную инфраструктуру, но считаются менее престижными для проживания.

4 зона. Зона пониженных цен: Грабцево, Ольговка, Ждамирово, Турьнинские Дворики, Канищево, Швейцарская Деревня, Железняки, Ромоданово, Секиотово, Калуга-2, Резвань, Плетеневка. В целом эти территории находятся на значительном удалении от центра. В отдельных районах преобладает индивидуальная жилая застройка.

5 зона. Зона низких цен: территория микрорайона Куровской, находящаяся на наибольшем удалении от центра. Здесь преобладает индивидуальная жилая застройка, много предприятий и находятся заброшенные угольные шахты.

Специфические инженерно-геологические условия с точки зрения условия освоения территории разделяют г. Калуга на зоны: благоприятные, ограничено благоприятные и весьма неблагоприятные [6]. Территории благоприятные это водораздельные равнины с абсолютными отметками высот 210 м и более, характеризующиеся незначительной степенью развития опасных геологических процессов. Эта зона охватывает северную часть города. Территории ограничено благоприятные для градостроительного освоения: это территория вероятного проявления одного из следующих процессов: линейной эрозии, оползневых смещений грунтов, суффозионного разуплотнения песчано-супесчаных грунтов с проявлениями неравномерных деформаций грунтов, техногенного подтопления, проявления карстовых и суффозионных процессов. Потенциально неблагоприятная зона характеризуется выдержанным и равномерным распределением. Это территории неблагоприятные для градостроительного освоения: участки в пределах долины рек Ока, Угра (от современного уреза до отм. ~ 140 м), Яченка и Киевка (до отм. ~ 160 м), территории близкого залегания грунтовых вод. В сложившихся природно-техногенных условиях здесь происходят подтопления, присутствуют заболоченные территории с развитием или формированием оползневых, суффозионных и карстовых процессов, линейной эрозии, деформаций незатухающей ползучести глин, неравномерных осадок грунтов. Это территории охватывает ценовые зоны разного порядка.

Анализ особенностей распределения ценовых зон позволяет сделать вывод о том, что, учет инженерно-геологических особенностей, особенно при оценке недвижимости на землях населенных пунктов обязательным образом

должен найти свое выражение и усовершенствует методику кадастровой оценки земель. Необходимо дифференцировать кадастровую стоимость для объектов недвижимости, находящихся в разных инженерно-геологических условиях. Методика должна предусматривать снижение кадастровой стоимости для земель, находящихся в зоне негативного влияния геологических факторов. Основное направление в решении проблемы видится в совершенствовании методики кадастровой оценки городских земель путем разработок комплекса оценочных показателей для последующей корректировки выделения ценовых зон при проведении кадастровой оценки на основе учета негативного влияния геологических факторов и инженерно-геологических особенностей грунтов, служащих основанием для объектов строительства.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 03.07.2016 N 237-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «О государственной кадастровой оценке». [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения 12.03.2025).
2. Приказ Минэкономразвития России от 14.04.2022 N 200 (ред. от 30.11.2022) «Об утверждении федеральных стандартов оценки и о внесении изменений в некоторые приказы Минэкономразвития России о федеральных стандартах оценки» (вместе с «Федеральным стандартом оценки «Структура федеральных стандартов оценки и основные понятия, используемые в федеральных стандартах оценки (ФСО I)», «Федеральным стандартом оценки «Виды стоимости (ФСО II)», «Федеральным стандартом оценки «Процесс оценки (ФСО III)», «Федеральным стандартом оценки «Задание на оценку (ФСО IV)», «Федеральным стандартом оценки «Подходы и методы оценки (ФСО V)», «Федеральным стандартом оценки «Отчетом об оценке (ФСО VI)»). [Электронный ресурс]. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/prikaz_minekonomrazvitiya_ros_sii_ot_14_aprelya_2022_g_200.html (дата обращения 27.03.2025).
3. Внесения изменений в генеральный план городского округа «город Калуга» в части размещения объекта УФСИН материалы по обоснованию. том 1. Калуга 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kaluga-gov.ru/upload/iblock/562/oumz9gufe4t1jx97epafs2j7g6lzz15y.docx> (дата обращения 27.03.2025).

4. Отчет от 20.09.2023 № 1/2023 «Об итогах проведения государственной кадастровой оценки зданий, помещений, сооружений, объектов незавершенного строительства, машино-мест на территории Калужской области» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ckoklg.ru/ftp/ftp/Отчет%20ОКС%202023/Отчет%20ОКС%202023.docx> (дата обращения 25.03.2025).
5. Антропов, Д.В., Варламов, А.А., Комаров, С.И. Теория и методы зонирования территорий для целей управления земельными ресурсами: монография. – М.: Радуга, 2019. – 228 с.
6. Аствацатурова, К.А. Типизация инженерно-геологических условий городских территорий для их строительного освоения обоснования схем инженерной защиты: Автореф. дисс... кандидата геолого-минералогических наук / К.А. Аствацатурова. – Москва: на правах рукописи, 2009. – 26 с.

УДК 04.054:504.05.06

Использование показателя стабильности развития при оценке состояния окружающей среды в г. Калуга
В.В. Шуберт, Г.В. Лаврентьева

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга

В статье рассматривается применение показателя стабильности развития как инструмента для оценки состояния окружающей среды. Анализируются методологические подходы к осуществлению, преимущества и ограничения, а также применение для оценки экологического состояния урбанизированных территорий г. Калуги. Рассматриваются результаты исследования флуктуирующей асимметрии берёзы повислой на урбанизированной территории.

Ключевые слова: стабильность развития, экологический мониторинг, биоиндикация, берёза повислая, флуктуирующая асимметрия.

Using of the indicator of development stability in assessing the state of the environment in Kaluga

V.V. Shubert, G.V. Lavrentieva

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga

The article discusses the use of the stability index of development as a tool for assessing the state of the environment. Methodological approaches to implementation, advantages and limitations, as well as application for assessing the ecological state of urbanized territories of Kaluga are analyzed. The results of a study of the fluctuating asymmetry of the hanging birch in an urbanized area are considered.

Keywords: development stability, environmental monitoring, bioindication, hanging birch, fluctuating asymmetry.

Современные экологические вызовы требуют разработки надежных методов оценки состояния окружающей среды.

Метод биоиндикации успешно применяется в течение многих лет и имеет как преимущества, так и недостатки.

Важным преимуществом является относительная простота измерений и отсутствие необходимости в специальном обучении исследователя, в отличие от той ситуации, когда применяется химический или физический метод исследования.

Также метод имеет высокую чувствительность к широкому спектру загрязнителей. Так, например, существует связь проявления флуктуирующей асимметрии с наличием тяжёлых металлов в почве и в воздухе [1, с. 30-37; 2, с. 116-122], а также с поглощением деревом азотсодержащих соединений.

Следует отметить возможность использования биоиндикации в долгосрочном мониторинге. Существует ряд работ, направленных многолетний сбор данных, касающихся показателя стабильности развития [3]. В нашем исследовании была попытка установить связь между современными показателями в одной и той же контрольной точке, и измеренными более 20 лет назад. Выяснили, что величина флуктуирующей асимметрии возросла более, чем в 10 раз, а причиной тому послужило, вероятно, ухудшение экологического состояния ближайшего водного объекта [4, с. 42-46].

Несмотря на множество преимуществ метода, стоит также рассмотреть и его ограничения.

Для получения достоверной оценки состояния территории важно подобрать правильный индикатор. Ввиду того, что разные виды по-разному воспринимают антропогенную нагрузку, может потребоваться большой промежуток времени для подбора наиболее точного биоиндикатора.

На результат может оказать влияние природная изменчивость, различные уровни загрязнённости атмосферы, появление новых промышленных объектов или наоборот прекращение их работы и, вследствие этого, уменьшение техногенной нагрузки на экосистему.

Одним из перспективных подходов является использование показателя стабильности развития, который отражает степень отклонения биологических систем от нормы под воздействием антропогенных и природных факторов.

Показатель стабильности развития основан на оценке флуктуирующей асимметрии морфологических признаков организмов, что позволяет количественно характеризовать уровень стресса экосистем

Для определения показателя стабильности развития был проведён ряд действий, включающих выбор организма, чувствительного к изменениям среды; измерение морфологических признаков; расчет величины флуктуирующей асимметрии; интегральную оценку показателя.

При выборе организма – биоиндикатора учитывали его распространённость на исследуемой территории, доступность сбора материала. В качестве растений индикаторов часто используют листья тополя (*Populus balsamifera* L.) [5, с. 72-78; 6, с. 334-341], ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) [7, с. 440-442] или берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) [8, с. 68-71; 9, с. 62-67], также весьма распространённым методом биоиндикации считается лишеноиндикация. В данной работе показатель стабильности развития вычислялся по берёзе повислой ввиду её широкой распространённости и чувствительности к изменениям в окружающей среде.

Используя методику Захарова В. М. [10], измерили 5 показателей, включающих ширину половинок листовой пластины, длину жилок второго порядка, расстояние между жилками первого и второго порядка и т.д.

Для расчёта величины флуктуирующей асимметрии и оценки интегрального показателя обозначили территорию для эксперимента – 13 локальных участков, находящихся в различных районах города с большой техногенной нагрузкой.

Калуга является промышленным городом, поэтому рассматривали скопления берёз, находящихся в непосредственной близости к крупным промышленным предприятиям, таким как электромеханический, машиностроительный и пивоваренный заводы, АЗС, железнодорожные

станции, птицефабрика. Также точки располагались и в предположительно чистых районах – в бору, парке, у водохранилища и в лесной части у карьера.

Как показали результаты эксперимента, растения во всех исследуемых точках произрастают в неблагоприятных условиях и находятся в угнетённом состоянии. Полученные результаты исследования являются основой для обоснования применения физических и химических методов контроля параметров окружающей среды.

Список литературы:

1. Бачурина, А.В., Куликова, Е.А. Оценка качества среды на территории г. Новотроицка Оренбургской области по состоянию березы повислой // Леса России и хозяйство в них, 2019. – Вып. 2, №69. – С. 30-37.
2. Кабанова, С.А., Кабанов, А.Н., Данченко, М.А., Шахматов, П.Ф., Скотт, С.А. Изучение морфологических признаков и флуктуирующей способности листового аппарата березы повислой // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 116-122.
3. Стрельцов, А.Б. Региональная система биомониторинга на основе анализа стабильности развития: дисс. д. биол. н. / А.Б. Стрельцов. – Калуга, 2005. – 350 с.
4. Иванова, В.Е., Лаврентьева, Г.В., Шошина, Р.Р., Маньшина, И.В. Оценка современного эколого-биологического состояния Яченского водохранилища // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность». – Севастополь: Севастопольский государственный университет. – 2023. – С. 42-46.
5. Попельницкая, И.М., Попов А.О. Флуктуирующая асимметрия листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в городской среде // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 12. – С. 72-78.
6. Кулагин, А.А. Особенности развития тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях загрязнения окружающей среды металлами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2003. – Т. 5, № 2. – С. 334-341.
7. Влияние удаленности от автомобильной дороги на величину асимметрии листовой пластинки / Калякина Р.Г. [и др.] // Современная экология: образование, наука, практика. Материалы международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 440-442.

8. Петункина, Л.О., Сарсацкая, А.С. Берёза повислая как индикатор качества городской среды // Вестник КемГУ. – 2015. – Т. 64, № 4. – С. 68-71.
9. Ибрагимова, Э.Э. Влияние техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Armenica vulgaris* L. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 62-67.
10. Здоровье среды: методика оценки / Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. – М.: Центр экологической политики России. – 2000. – 68 с.

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ
Калужского государственного
университета имени К.Э. Циолковского

Серия
Естественные и технические науки

2025

