

• ISSN 2072-8158 •



ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№9, 2023



г. Москва



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Регистрация СМИ: серия ПИ № ФС 77 – 31640 10.04.2008

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

Журнал печатается в г. Москве

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Будко Елена Вячеславовна: Доктор фармацевтических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»

Гасаналиев Абдулла Магомедович: Доктор химических наук, профессор кафедры, директор НИИ Общей и неорганической химии, заслуженный деятель науки РД и РФ, Дагестанский Государственный Педагогический Университет (Махачкала)

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

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

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

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

Леонов Валерий Евгеньевич: Доктор технических наук, профессор, действительный член международной академии «Экоэнергетика», Херсонская государственная морская академия

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

Пчелинцева Нина Васильевна: Доктор химических наук, доцент, ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, профессор кафедры органической и биоорганической химии Института химии СГУ (Саратов)

Фролкова Алла Константиновна: Советский и российский химик, доктор технических наук, МИРЭА–Российский технологический университет (Москва)

Федосов Сергей Викторович: Доктор технических наук, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет, профессор, академик РААСН (Москва)

Хацаева Раиса Мусаевна: Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, зав. кабинетом электронной микроскопии (Москва)

EDITOR-IN-CHIEF:

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

EDITORIAL BOARD:

Budko Elena Vyacheslavovna: Kursk State Medical University, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor

Abdulla Magomedovich Hasanaliyev: Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department, Director of the Research Institute of General and Inorganic Chemistry, Honored Scientist of the Republic of Dagestan and the Russian Federation, Dagestan State Pedagogical University (Makhachkala)

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

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

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

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

Leonov Valery Evgenievich: Doctor of Technical Sciences, Professor, full member of the International Academy "Ecoenergetics", Kherson State Maritime Academy

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

Pchelintseva Nina Vasilyevna: Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Organic and Bioorganic Chemistry, Associate Professor, Saratov National Research State University named after N.G.Chernyshevsky (Saratov)

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

Fedosov Sergey Viktorovich: Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Laureate of the Russian Government Prize in Science and Technology, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Khatsaeva Raisa Musaevna: Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher at the Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Head. the electron microscopy room (Moscow)

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Уранова Валерия Валерьевна, Лепёхина Ирина Евгеньевна, Ломтева Наталья Аркадьевна**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ АЛКАЛОИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА SCUTELLARIA 10

МЕМБРАНЫ И МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Зарипова Римма Солтановна, Самаркина Екатерина Владимировна, Петрова Анастасия Николаевна**
МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕРЕНИЕ ИОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 15

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Комова Нинель Николаевна, Кувыркова Варвара Витальевна, Коровин Максим Артемович**
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ 20

- Перфильев Михаил Сергеевич, Лякишев Владислав Константинович**
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ПОЗИТРОНИЯ КАК ЗАЦЕПЛЕНИЯ ХОПФА ДВУХ ТОРОВ 30

ЭКОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Вынгра Анна Николаевна, Вынгра Алексей Викторович**
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ 38

- Немчанинова Екатерина Александровна, Портнягина Алёна Михайловна, Тренина Вера Сергеевна, Черезова Анастасия Константиновна**
ОЦЕНКА ОБУСТРОЙСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «БОЛЬШАЯ СОСНОВАЯ» 44

CONTENTS

BIOORGANIC CHEMISTRY (CHEMICAL SCIENCES)

- Uranova Valeria Valeryevna, Lepekhina Irina Evgenyevna, Lomteva Natalia Arkadyevna**
DETERMINATION OF THE TOTAL ALKALOIDS OF PLANTS OF THE GENUS SCUTELLARIA 10

MEMBRANES AND MEMBRANE TECHNOLOGY (CHEMICAL SCIENCES)

- Zaripova Rimma Soltanovna, Samarkina Ekaterina Vladimirovna, Petrova Anastasia Nikolaevna**
MONITORING OF THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE OF THE AQUATIC ENVIRONMENT ON THE MEASUREMENT OF IONIC CONCENTRATION USING MEMBRANE TECHNOLOGIES IN HEAT SUPPLY SYSTEMS 15

PHYSICAL CHEMISTRY

- Komova Ninel Nikolaevna, Kuvyrkova Varvara Vitalievna, Korovin Maxim Artemovich**
INVESTIGATION OF STRUCTURAL CHANGES IN AN AQUEOUS SOLUTION OF CALCIUM CHLORIDE UNDER THE INFLUENCE OF LASER RADIATION THAT DETERMINE THE CHEMICAL ACTIVITY OF THE SYSTEM 20
- Perfiliev Mikhail Sergeevich, Lyakishev Vladislav Konstantinovich**
COMPUTER VERIFICATION OF THE POSITRONIUM MOLECULE MODEL AS A HOPF ENGAGEMENT OF TWO TORI 30

ECOLOGY (CHEMICAL SCIENCES)

- Vyngra Anna Nikolaevna, Vyngra Alexey Viktorovich**
STUDY OF ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA 38
- Ekaterina Alexandrovna Nemchaninova, Alyona Mikhailovna Portnyagina, Vera Sergeevna Tronina, Anastasia Konstantinovna Cherezova**
ASSESSMENT OF THE ARRANGEMENT OF THE ECOLOGICAL TRAIL "BOLSHAYA SOSNOVAYA" 44

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

УДК 547.94

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ АЛКАЛОИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА SCUTELLARIA

Уранова Валерия Валерьевна,
Лепёхина Ирина Евгеньевна,
Ломтева Наталья Аркадьевна

*В природе существует множество природных соединений. Среди многих классов встречающихся в природе органических соединений, таких как углеводы, липиды, белки, аминокислоты, антоцианы, флавоноиды и стероиды, особое место занимают алкалоиды, поскольку они обладают широким спектром фармакологического действия. Работа была направлена на проведение сравнительного анализа суммарного содержания алкалоидов в надземных частях шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*) и шлемника обыкновенного (*Scutellaria galericulata*). В качестве объектов исследования была использована трава шлемника байкальского и шлемника обыкновенного, которую культивировали, собрали и заготовили на территории Астраханской области. Количественное определение алкалоидов проводили методом обратной титриметрии. В ходе исследования определили, что максимальное содержание алкалоидов характерно для растительного сырья шлемника обыкновенного на третий и четвертый год сбора.*

Ключевые слова: *лекарственное растительное сырье, лекарственный препарат, биологически активные вещества, алкалоиды, обратная титриметрия, *Scutellaria baicalensis*, *Scutellaria galericulata*.*

Фармацевтическая отрасль традиционно является объектом особого внимания в силу значения, которое она имеет для поддержания здоровья населения и для экономики в целом [1, 2]. В силу сложившихся в последнее время геополитических обстоятельств, отрасли приходится быстро адаптироваться к изменяющимся условиям поставок сырья, резкой смене логистических маршрутов и необходимости импортозамещения [3-5].

Установлено, что лекарственное растительное сырье традиционно является востребованным на фармацевтическом рынке в силу ряда преимуществ по сравнению с материалами синтетического происхождения [6]. Данный факт можно аргументировать доступной стоимостью сырья и его возобновляемостью, поливалентностью и возможной совместимостью с многими лекарственными препаратами, возможностью более длительного применения при отсутствии побочного действия [7, 8]. Лекарственное растительное сырье как правило оказывает сразу несколько лечебных эффектов, например, иммуностимулирующее, противовоспалительное, противопаразитарное, обезболивающее, общеукрепляющее, ранозаживляющее, желчегонное, противоопухолевое и другие [9]. Терапевтическое действие лекарственного растительного сырья определяется содержащимися в нем биологически активными веществами. Наиболее значимой группой таких веществ являются алкалоиды [10].

Алкалоиды представляют собой специфическую группу азотистых органических, преимущественно гетероциклических соединений основного характера, имеющих сложный химический состав, обладающих ярко выраженным физиологическим действием на организм человека и животных [11]. В современной медицине алкалоидам растительного происхождения уделяется большое внимание, поскольку они являются фармакологически активными веществами, использующимися в лечении хронических заболеваний, таких как рак, диабет и неврологические расстройства. Установлено, что алкалоиды не только защищают растения от травоядных, но и сдерживают грибковое и бактериальное заражение, что расширяет их использование в медицине и других областях [12]. Алкалоиды имеют широкий спектр

фармакологических применений в терапевтической области: болеутоляющие (морфин), противоастматические (эфедрин), противораковые (винкристин), антигипертензивные (резерпин), жаропонижающие (хинин) и антигипергликемические (пиперин) эффекты [13].

Зафиксировано, что алкалоиды, полученные из лекарственного растительного сырья, проявляют противовоспалительную активность путем подавления ряда провоспалительных белковых комплексов, участвующих в воспалительных сигнальных путях. Определено, что воспалительное состояние отличается инфильтрацией иммунных клеток, их активацией и выработкой в избыточных количествах ряда медиаторов воспаления и цитокинов. Перепроизводство медиаторов воспаления приводит к различным воспалительным заболеваниям, таким как заболевания кишечника, ревматоидный артрит и сердечно-сосудистые заболевания, а также к сопутствующим заболеваниям, таким как диабет, рак, хроническое заболевание почек, нейродегенеративные расстройства и старение [7-12].

Результаты многих исследований указывают на то, что препараты, изготовленные из компонентов растительного сырья, могут помочь в лечении воспалений, аллергических реакций и нейродегенеративных расстройств с минимальной системной токсичностью [13].

Установлено, что растения рода *Scutellaria* обладают богатым химическим составом, содержание и наличие которого зависит от используемой морфологической части [14, 15]. Алкалоиды, как и другие биологически активные вещества способны накапливаться как во всех морфологических частях растения, так и в отдельных. Процесс онтогенетического развития растений претерпевает изменения в виде качественной и количественной трансформации. Динамика образования алкалоидов значительно колеблется в течении вегетации растений и неравномерна для морфологических частей. Кроме того, установлено, что накопление биологически активных веществ зависит от климатических и агротехнических условий, метода и времени заготовки, а также возраста растения [8-10].

Цель исследования. Провести сравнительный анализ суммарного содержания алкалоидов в надземных частях шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*) и шлемника обыкновенного (*Scutellaria galericulata*).

В качестве изучаемого материала использовали растительное сырье в виде травы шлемника байкальского и шлемника обыкновенного. Сырье было получено культивированием растений на территории Астраханской области. *Scutellaria baicalensis* и *Scutellaria galericulata* представляют собой многолетние растения, поэтому был проведен сравнительный анализ суммарного содержания алкалоидов в надземных частях в зависимости от года произрастания с целью выявления времени его максимального накопления. В эксперименте анализу подвергали заготовки с 2019 по 2022 гг., которые были собраны в сентябре каждого года из указанного интервала. Заготовку, сбор и хранение материала проводили согласно требованиям Государственной фармакопеи последней редакции [16]. Определение суммарного содержания алкалоидов-оснований (%) проводили методом титриметрии по обратному способу, при котором к полученному извлечению добавили избыток стандартного раствора хлороводородной кислоты, далее ее оттитровывали раствором натрия гидроксида по индикатору метиловому желтому [17]. Испытания выполняли в пяти повторениях, результаты которых представили в виде $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$, где последнее представляет собой доверительный интервал среднего. Различия между содержанием алкалоидов в группах оценивали с помощью непараметрического метода - U-критерия Манна-Уитни, учитывая статистически значимые значения при $p < 0,05$. Обработку полученных данных проводили с использованием пакета «Statistica 10».

Анализ результатов показал, что относительно первого года сбора произошло увеличение аккумуляции алкалоидов в 2,0 раза ($p < 0,05$) (2020 год), 3,0 раза ($p < 0,05$) (2021 и 2022 годы) шлемника байкальского, тогда как для шлемника обыкновенного рост был в 1,5 раза ($p < 0,05$) (2020 год), в 2,0 раза ($p < 0,05$) (2021 и 2022 годы) (табл. 1). Сравнивая результаты относительно второго года сбора установили повышение содержания для шлемника байкальского в 1,5 раза ($p < 0,05$), а шлемника обыкновенного 1,3 раза ($p < 0,05$). Достоверно верных различий в концентрации алкалоидов относительно третьего года не наблюдалось.

Таблица 1

Суммарное содержание алкалоидов в траве *Scutellaria baicalensis* и *Scutellaria galericulata*

Растение	Содержание алкалоидов ($\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$), %			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
<i>Scutellaria baicalensis</i>	0,1±0,01	0,2±0,01*	0,3±0,01*●	0,3±0,01*●
<i>Scutellaria galericulata</i>	0,2±0,01☞	0,3±0,01*	0,4±0,02*●	0,4±0,02*●

Примечание: * – статистически значимые различия содержания алкалоидов относительно 2019 года сбора* – при $p < 0,05$. ● – статистически значимые различия содержания алкалоидов относительно 2020 года сбора ● – при $p < 0,05$. ☞ – достоверность различий между содержанием алкалоидов в растительном сырье *Scutellaria galericulata* относительно *Scutellaria baicalensis* ☞ – при $p < 0,05$.

В ходе исследования определили, что растительный материал шлемника обыкновенного имел большее количество алкалоидов в 2,0 раза ($p < 0,05$) (2019 год), в 1,5 раза ($p < 0,05$) (2020 г. год), в 1,3 раза ($p < 0,05$) (2021 - 2022 годы) относительно содержания в траве шлемника байкальского.

Интерес специалистов смежных дисциплин химии и фармации к алкалоидам несмотря на прошедшие двух столетий со времени их открытия не ослабевает – настолько они недостаточно исследованы и важны в практическом отношении. Данная работа определила наличие суммы алкалоидов в траве *Scutellaria baicalensis* и *Scutellaria galericulata*. Полученные результаты являются научно-значимыми в области медицины.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Применение лекарственных растений в стоматологической практике / К. А. Пупыкина, М. Ф. Кабирова, Р. Т. Нугманова [и др.] // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 8-1(77). – С. 60-62.
2. Yestemirova, G. General characteristics of the effectiveness of the use of medicinal plants for cancer / G. Yestemirova, Z. Yessimsitova, G. Sitpayeva // Astana Medical Journal. – 2020. – No. 2(104). – P. 154-161.
3. Микробиологическое обоснование целесообразности применения эфирных масел лекарственных растений в лечении воспалительных заболеваний верхних дыхательных путей / Е. В. Иванова, Е. И. Данилова, И. Н. Чайникова [и др.] // Медицинский совет. – 2023. – Т. 17, № 12. – С. 55-61. – DOI 10.21518/ms2023-184.
4. Пятаков, С. Н. Применение лекарственных растений при заболеваниях поджелудочной железы / С. Н. Пятаков // Практическая фитотерапия. – 2012. – № 1. – С. 25-36.
5. Дорохина, О. А. Лекарственные растения и сырьё, содержащие алкалоиды / О. А. Дорохина, А. Н. Саньков, А. А. Шмыгарева ; Оренбургская государственная медицинская академия. – Оренбург : Оренбургский государственный медицинский университет, 2014. – 119 с.
6. Осадчий, С. А. Потенциально ценные для медицины нативные и синтетически трансформированные алкалоиды, кумарины и гликозиды : специальность 02.00.03 "Органическая химия" : диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / Осадчий Станислав Александрович. – Новосибирск, 2008. – 220 с.
7. Бозбей, Е. А. Алкалоиды: история открытия и применения в медицине / Е. А. Бозбей // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины: материалы 76-й международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Волгоград, 25–28 апреля 2018 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2018. – С. 598.
8. Юсупова, З. А. Опиаты. Применение алкалоидов группы опия в медицине / З. А. Юсупова, И. В. Шкутина // Forcipe. – 2021. – Т. 4, № S1. – С. 520.
9. Алкалоиды остролодочника ложножелезистого (*Oxytropis Pseudoglandulosa* Gontsch Ex Grub), применяемого в традиционной медицине Монголии / С. Пурэвсурэн, Ч. Ки Ху, С. Нарантуяа, С. Цэцэгмаа // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2002. – Т. 34, № 5. – С. 73-76.

10. Такаева, М. А. Изучение влияния компонентов лекарственных растений на организм человека на биохимическом уровне / М. А. Такаева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 9. – С. 102-107.
11. Тенгерекова, Г. Г. Алкалоиды лекарственных растений / Г. Г. Тенгерекова // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2023. – № 15(23). – С. 36-37. – DOI 10.59131/2411-9814_2023_15(23)_36.
12. Акбарова, М. Х. Обзор гербариев рода *Scutellaria*. / М. Х. Акбарова, О. Т. Тургинов // Вестник Ошского государственного университета. 2020. № 1-2. с. 14-19.
13. Определение антибактериальной активности флавоноидов из каллуса *Scutellaria galericulata* L. для разработки функционального творожного продукта / О. В. Белашова, А. В. Заушинцена, Л. А. Леванова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 1(83). с. 178-182. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-1-178-182.
14. Исследование флавоноидов корней *Scutellaria* / А. М. Каримов, А. С. Попков, Ю. В. Остроушко [и др.] // Химия растительного сырья. 2018. № 4. с. 89-94. – DOI 10.14258/jcprm.2018043728.
15. Уранова, В. В. Определение содержания тритерпеновых сапонинов растительного сырья *Scutellaria baicalensis* Georgi и *Scutellaria galericulata* L. в зависимости от возраста растения / В. В. Уранова, И. Е. Лепехина, Н. А. Ломтева // Chemical Bulletin. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 13-20.
16. Государственная фармакопея XIV издание. – 2018. – Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>, свободный (дата обращения 10.06.2023).
17. Семёнова Е.В., Никулина О.И. исследование свойств алкалоидов лекарственных растений // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2021. – № 1. – С. 20-24.

DETERMINATION OF THE TOTAL ALKALOIDS OF PLANTS OF THE GENUS SCUTELLARIA

Uranova V.V., Lepekhina I.E., Lomteva N.A.

*There are many natural compounds in nature. Among the many classes of naturally occurring organic compounds, such as carbohydrates, lipids, proteins, amino acids, anthocyanins, flavonoids and steroids, alkaloids occupy a special place because they have a wide range of pharmacological actions. The work was aimed at conducting a comparative analysis of the total content of alkaloids in the aerial parts of the *Scutellaria baicalensis* and the *Scutellaria galericulata*. The herbs of Baikal skullcap and common skullcap, which were cultivated, collected and prepared in the Astrakhan region, were used as objects of research. Quantitative determination of alkaloids was carried out by reverse titrimetry. During the study, it was determined that the maximum content of alkaloids is typical for plant raw materials of *Scutellaria galericulata* in the third and fourth years of collection.*

Keywords: medicinal plant raw materials, medicinal product, biologically active substances, alkaloids, reverse titrimetry, *Scutellaria baicalensis*, *Scutellaria galericulata*.

Сведения об авторах:

Уранова Валерия Валерьевна

Ассистент, ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России

E-mail: fibi_cool@list.ru

Лепёхина Ирина Евгеньевна

Студентка, ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России

E-mail: irina.letuhina@yandex.ru

Ломтева Наталья Аркадьевна

Д.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»

E-mail: molecula01@yandex.ru

МЕМБРАНЫ И МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕРЕНИЕ ИОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Зарипова Римма Солтановна,
Самаркина Екатерина Владимировна,
Петрова Анастасия Николаевна

Водно-химический баланс теплоносителя является одним из важных параметров функционирования систем теплоснабжения. Потенциометрический метод измерения концентрации водных сред на основе ионоселективных электродов (ИСЭ) позволяет быстро и точно определять концентрацию ионов. Но зависимость значения электродной функции ионоселективных электродов от температуры водной среды усложнит и замедлит этот процесс, что негативно повлияет на оперативность реагирования, направленного на нормализацию водно-химического баланса теплоносителя. Для решения данной проблемы предлагается развивать два подхода, позволяющие компенсировать температурное влияние водной среды на процесс определения концентрации. Эти подходы будут рассмотрены в данной статье.

Ключевые слова: водно-химический баланс, концентрация ионов, мембранные технологии, ионоселективные электроды, потенциометрический метод, измерение концентрации, температурное влияние.

Одним из важных критериев функционирования любой системы теплоснабжения является водно-химический баланс теплоносителя [1]. Измерение концентрации различных веществ в водных растворах возможно производить с применением потенциометрического метода на основе ионоселективных электродов и современных мембранных технологий [2, 3]. Мембранный датчик – это электрохимический датчик, позволяющий потенциометрическим методом определять активность ионов в присутствии мешающих ионов [4]. Применение таких датчиков основывается на измерении мембранных потенциалов. Эти потенциалы определяются косвенным методом из величины ЭДС электрохимической ячейки, состоящей из ионоселективной мембраны, разделяющей растворы, в которые помещены два электрода сравнения [5].

Техническая вода, которая используется в системах теплоснабжения, является разбавленным электролитом. Активности исследуемых ионов в таких электролитах можно заменить на их концентрации [6, 7]. Если в исследованиях определения концентрации в водных средах будет получено, что электродная функция высокоселективного мембранного датчика описывается уравнением типа Никольского, значит она линейно зависит от температуры водной среды. В данном случае коэффициент пропорциональности, то есть коэффициент температурного наклона, будет определяться концентрацией исследуемого иона [8]. Если температура водной среды является параметром измерительного процесса, то установившееся значение ЭДС мембранного датчика при температуре пробы связано рассчитанной по заданному алгоритму аддитивной добавкой с установившимся значением ЭДС мембранного датчика, полученным перед очередным этапом мониторинга в лабораторных условиях при известном значении температуры. Учитывая эту добавку, можно сразу получить истинное значение концентрации исследуемого иона на момент анализа пробы технической воды [9-11]. Если же концентрация исследуемого иона является параметром лабораторного измерительного процесса, то линейные

температурные зависимости электродной функции имеют разные коэффициенты температурного наклона. Поэтому значение электродной функции, полученное в единичном акте мониторинга, попадает между двух температурных калибровочных прямых и концентрация исследуемого иона может быть непосредственно определена в рамках интерполяционного процесса [12, 13].

Данное научное исследование проводится для разработки простого и эффективного алгоритма аналитического построения концентрационной или температурной калибровочной кривой при любом разумном значении параметра на основе кривых, полученных при измерении в лабораторных условиях с конкретным значением параметра.

Цель исследования заключается в минимизации времени мониторинга водно-химического баланса теплоносителя для повышения оперативности реагирования на его отклонения. В таком разрезе данная тема исследования является актуальной и направлена на решение конкретных задач энергосбережения.

Задача исследования заключается в изучении зависимости установившегося значения ЭДС ионоселективного электрода от одной из двух переменных, в частности температуры водной среды и концентрации исследуемого иона, где вторая переменная выступает в роли параметра.

Для решения проблемы предлагается развивать два подхода, позволяющие компенсировать температурное влияние водной среды на процесс определения концентрации.

Первый подход из них связан с аналитическим определением калибровочной зависимости электродной функции ИСЭ от концентрации исследуемого иона при любой приемлемой температуре водной среды, используя соответствующую калибровочную зависимость электродной функции, полученной в лабораторных условиях при заданной температуре.

Второй подход базируется на аналитическом определении температурных зависимостей электродной функции при любой концентрации исследуемого иона, используя температурную зависимость электродной функции ионоселективного электрода при заданной концентрации исследуемого иона, полученную в лабораторном измерительном процессе.

Новизна данного исследования определяется стремлением создать недорогие и конкурентоспособные устройства непрерывного мониторинга водно-химического баланса в системах теплоснабжения, так чтобы расходы на создание, эксплуатацию и обслуживание данных контролирующих приборов были значительно меньше экономических потерь, вызванных перерасходом энергии.

Для решения указанных задач предлагается провести следующий ряд экспериментальных исследований:

1. Измерение потенциометрическим методом зависимости установившегося значения ЭДС мембранного датчика (либо с внутренним раствором, либо твердотельным с прямым выводом тока) от концентрации ионов Na^+ в разбавленном водном растворе $NaCl$, меняющейся в интервале от некоторого максимального значения (например, 1 моль/л) до предела обнаружения. Температура водного раствора $NaCl$ является параметром экспериментального исследования и принимает несколько фиксированных значений. В этом случае предполагается получить форму электродной функции мембранного датчика для данного иона при нескольких значениях температуры водного раствора и затем проанализировать насколько полученные экспериментальные концентрационные зависимости удовлетворяют уравнению типа Никольского и существует ли корреляция полученных результатов с теми, которые получены аналитически (на основе уравнения Никольского) для любого разумного значения параметра, если использовать лишь одну экспериментальную концентрационную зависимость, полученную при фиксированной температуре водного раствора.

2. Измерение потенциометрическим методом зависимости установившегося значения ЭДС химического сенсора от температуры разбавленного водного раствора $NaCl$, например, в интервале от комнатной температуры до стандартной температуры технической воды в замкнутых циклах ТЭС и АЭС и в локальных циклах теплоснабжения ($\sim 80^\circ C$). Концентрация ионов Na^+ является параметром и принимает несколько фиксированных значений между некоторой максимальной величиной и пределом обнаружения данных ионов с помощью высокоселективного электрода. Полученные таким образом температурные калибровочные зависимости электродной функции мембранного датчика анализируются на совпадение с линейными температурными зависимостями электродной функции, рассчитанными с помощью

уравнения Никольского, используя экспериментальную температурную зависимость, найденную, например, при концентрации ионов Na^+ 10^{-2} моль/л.

На основе уравнений Никольского будет разработан алгоритм расчёта концентрационных или температурных электродных функций химического сенсора при любом разумном значении параметра. Ожидается, что полученные в эксперименте концентрационные или температурные зависимости установившегося значения ЭДС Na -селективного электрода будут соответствовать, в пределах погрешности измерения, рассчитанным с использованием лишь одной экспериментальной температурной или концентрационной зависимости, определённой при конкретном значении параметра.

В результате проведённых экспериментов будут апробированы способы компенсации температурных эффектов водного теплоносителя при нахождении концентрации исследуемого иона. Ожидается, что это можно сделать либо за счёт построения калибровочной концентрационной зависимости для любой разумной температуры пробы технической воды, используемой в замкнутых циклах производства электроэнергии или теплоснабжения, либо за счёт построения калибровочных температурных зависимостей при разных концентрациях исследуемого иона.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Зарипова, Р. С. Мониторинг концентрации ионов металлов в водной среде с применением мембранных технологий / Р. С. Зарипова, А. В. Каляшина, Г. С. Степанова // Вода: химия и экология. – 2023. – № 3. – С. 31-38.

2. Гудзенко, А. В. Проведение испытаний мобильной ультрафильтрационной установки с использованием мембранных элементов различных производителей / А. В. Гудзенко, В. Г. Гудзенко, А. Н. Самаркина, Е. В. Самаркина // Байкал 2018. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 336-341.

3. Галеев, С. Р. Информационно-измерительная система технологического контроля параметров центрального теплового пункта / С. Р. Галеев, Р. С. Зарипова // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы IV российской молодежной научной школы-конференции / Томский политехнический университет. Том 2. – Томск: ООО «ЦРУ», 2016. – С. 328-329.

4. Овсеенко, Г. А. Математическое моделирование измерительной системы цифрового фильтра измерительного контура / Г. А. Овсеенко, М. М. Тюрина, А. В. Чупаев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 5. – С. 77-80.

5. Зарипова, Р. С. Определение качества технической воды / Р. С. Зарипова, Н. А. Иштыряков // Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации: тезисы II научно-практической конференции с международным участием. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – С. 43.

6. Гизатуллин, Р. М. Помехоустойчивость вычислительной техники при воздействии электромагнитных помех по сети электропитания / Р. М. Гизатуллин, З. М. Гизатуллин, М. Г. Нуриев // Журнал радиоэлектроники. – 2016. – № 11. – С. 2.

7. Овсеенко, Г. А. Возможность применения нейронных сетей в мехатронном устройстве для анализа проб в нефтегазовой отрасли / Г. А. Овсеенко // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар: материалы конференции. Том 3. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 569-573.

8. Шакиров, А. А. Разработка информационной системы контроля параметров системы отопления / А. А. Шакиров, Р. С. Зарипова // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции: электронный сборник. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2018. – С. 335.1-335.3.

9. Гапеку, М. Современные технологии водоподготовки на тепловых электрических станциях / М. Гапеку, А. Ю. Власова // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: Сборник материалов Международной научно-практической

конференции. – Волжский: Волжский филиал ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", 2022. – С. 195-199.

10. Зарипова, Р. С. Исследование характеристик ионоселективного анализатора гемодиализных растворов и крови / Р. С. Зарипова, Н. Г. Бикеева // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2019. – Т. 11, № 1-2. – С. 17-20.

11. Гизатуллин, З. М. Снижение электромагнитных помех и защита информации в вычислительной технике с помощью экранирующих стекол / З. М. Гизатуллин, Р. М. Гизатуллин, М. Г. Нуриев, Ф. Р. Назметдинов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2017. – № 3(35). – С. 46-57.

12. Овсенко, Г. А. Моделирование цифрового фильтра для систем измерения концентраций веществ / Г. А. Овсенко, Р. С. Кашаев, О. В. Козелков, А. В. Каляшина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 4. – С. 30-33.

13. Gudzenko, A.V. Development of software product for processing of operating parameters of reverse osmosis systems for the purpose of mathematical determination of water chemistry management methods / A.V. Gudzenko, A.N. Petrova, E.V. Samarkina // IOP conference series: earth and environmental science. – 2021. – Vol. 751

MONITORING THE INFLUENCE OF WATER MEDIUM TEMPERATURE ON IONIC CONCENTRATION MEASUREMENT USING MEMBRANE TECHNOLOGIES IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

Zaripova R.S., Samarkina E.V., Petrova A.N.

The water-chemical balance of the heat carrier is one of the important criteria for the functioning of heat supply systems. Potentiometric method of measuring the concentration of aqueous media based on ion-selective electrodes (ISE) allows to quickly and accurately determine the concentration of ions. But the dependence of electrode function value of ion-selective electrodes on the temperature of aqueous medium will complicate and slow down this process, which negatively affects the efficiency of response aimed at normalising the water-chemical balance of the heat carrier. To solve this problem, it is proposed to develop two approaches to compensate for the temperature effect of the aqueous environment on the concentration determination process. These approaches will be discussed in this paper.

Keywords: *water-chemical balance, ion concentration, membrane technology, ion-selective electrodes, potentiometric method, concentration measurement, temperature effect*

Сведения об авторах:

Зарипова Римма Солтановна

Канд. техн. наук, доцент,
Казанский государственный энергетический университет

Самаркина Екатерина Владимировна

Канд. техн. наук, доцент,
Иркутский национальный исследовательский технический университет

Петрова Анастасия Николаевна

Ассистент, аспирант, Иркутский национальный исследовательский
технический университет

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 544.3:532.13

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ

Комова Нинель Николаевна,
Кувыркова Варвара Витальевна,
Коровин Максим Артемович

В работе на качественном уровне произведена оценка степени организации системы «водный раствор хлорида кальция» при исследовании энергии активации вязкого течения. Изучено влияние температуры и воздействия лазерного облучения при длинах волн 632,8 и 532 нм. Энергия активации вязкого течения водных растворов солей хлорида кальция в два раза меньше энергии активации самой воды, что свидетельствует о структурном преобразовании системы при растворении хлорида кальция. Показано, что вязкость растворов солей в результате лазерного облучения при недостатке кислорода приводит к увеличению вязкости, а обогащение кислородом приводит к уменьшению вязкости. Предложен механизм процессов, протекающих в водном растворе хлорида кальция небольших концентраций при разных насыщенных растворах кислорода.

Ключевые слова: раствор хлорида кальция, энергия активации течения, лазерное облучение.

Согласно теории кинетики жидкофазных реакций химические процессы предполагают наличия двух стадий: диффузию взаимодействующих молекул в локальную клетку и непосредственное их взаимодействие [1]. Скорость этих двух процессов определяется скоростью получения конечного продукта, а также степенью глубины протекания процесса. При бимолекулярной реакции в условиях стационарности выражение для экспериментальной константы скорости реакции имеет вид

$$k_{\text{экс}} = \frac{k k_D}{k + v_D}, \quad (1)$$

где k – константа скорости взаимодействия молекул при столкновении, k_D – константа скорости диффузии, v_D – константа выхода молекул из локальной клетки в системе. По теории кинетики гомогенных реакций

$$k = \frac{6V}{n} \frac{E}{RT} P e^{-E/RT}, \quad (2)$$

где v – частота колебаний молекулы в клетке $v = \frac{3\eta}{\rho r^2}$, η , ρ – вязкость и плотность жидкой фазы, r – средняя толщина клетки, n – число соседей, окружающих молекулы в клетке, P – стерический фактор, определяющий вероятность ориентации молекул в клетке при элементарном акте взаимодействия молекул, E – энергия активации взаимодействия молекул.

Константа скорости диффузии в химической кинетики определяется выражением

$$k_D = 4\pi D r, \quad (3)$$

где

$$D = \frac{RT}{B\pi\eta N_A} \quad (4)$$

Для размеров частиц, сравнимых с размерами молекул растворителя, $B=4$.
При подстановке (2), (3) и (4) в (1) выражение примет вид

$$k_{\text{экс}} = \frac{18E\eta P e^{-E/RT} RT}{18\eta E P e^{-E/RT} + RT \rho r^2 n N_A v_D} \quad (5)$$

Если лимитирующей стадией является кинетическая ($k \ll v_D$), то

$$k_{\text{экс}} = k = \frac{18\eta E P e^{-E/RT}}{\rho r^2 n RT} \quad (6)$$

В этом случае скорость реакции увеличивается с уменьшением плотности системы и уменьшением числа соседних молекул, окружающих реагирующие молекулы в клетке.

Если лимитирующей стадией является диффузионная ($v_D < k$), то

$$k_{\text{экс}} \approx k_D = \frac{RT}{\eta N_A} \quad (7)$$

С уменьшением вязкости скорость реакции увеличивается. Из приведенного анализа следует, что скорость жидкофазных химических реакций определяется состоянием среды (растворителя), а также влиянием молекул растворителя на процесс взаимодействия растворенных молекул. В наибольшей степени проявляется такое взаимодействие ионов с диполями молекул растворителя – ион-дипольное взаимодействие [2]. Ориентированные вокруг иона молекулы растворителя образуют сольватную оболочку, а в случае водного раствора – гидратную оболочку. Гидратная оболочка в растворах существенно ослабляет взаимодействие между ионами в жидкости, поэтому в воде могут существовать разделенные ионы - происходит электролитическая диссоциация соединений с ионной связью [3]. Такие оболочки не только определяют существование разделенных ионов в водной среде, но и уменьшают скорость протекания реакций химических взаимодействий, согласно (5), т.к. при этом увеличиваются параметры n, r, η .

В настоящее время разработаны и используются различные методы изменения гидратных оболочек для интенсификации различного рода процессов, что особенно широко используется в биологии и медицине [4]. Однако, исследования для прикладного использования различных воздействий на водные растворы солей не дает достаточного понимания на уровне элементарных актов процесса изменения гидратных оболочек при действии таких методов.

В работе исследование структурных изменений в гидратных оболочках ионов при воздействии лазерного облучения проведено на растворе хлорида кальция, который широко используется в химической, пищевой промышленности, медицине и аграрных технологиях.

Низкие температуры заморзания водных растворов хлорида кальция позволяют применять его в качестве хладоносителя в холодильном деле и в качестве антифриза для двигателей внутреннего сгорания в авиации, автомобильном транспорте, для борьбы с гололедицей, для предотвращения смерзаемости угля и руд при транспортировании в зимнее время. [5].

В качестве параметра, отражающего структурную организацию системы была выбрана вязкость водных растворов хлорида кальция. Показано, что в результате введения ионов соли

(растворение солей) в воду происходит изменение вязкости системы. Этот эффект является отражением структурных преобразований. Результирующий эффект структурообразующего и структуроразрушающего влияния ионов зависит от размера и заряда ионов [6]. Под влиянием небольших однозарядных и многозарядных ионов образуется раствор с большей вязкостью, чем вязкость воды, что является результатом расширения протяженности областей упорядоченной структуры и её упрочнения. В электрическом поле ионов с высокой напряженностью (на расстоянии 0,2 нм от однозарядного иона напряженность создаваемая им поля равна $3,6 \cdot 10^{10}$ В/м [2]) у границ ионов молекулы воды поляризуются, становятся «неподвижными» и сжимаются вследствие электрострикции (явление первичной или ближней гидратации) [6].

Снижение текучести при росте количества крупных структурных образований объясняется с позиции теории, развитой Эйрингом, согласно которой молекулы жидкости при вязком течении совершают переход между соседними положениями равновесия, преодолевая энергетический барьер [7]. Чем больше структурированность, тем больше этот барьер и тем большему числу молекул необходимо его преодолеть, так как большее их число связано друг с другом. Наличие ионов в воде тем или иным образом сказывается на процессе течения раствора. Из этих представлений вытекает понятие энергии активации вязкого течения.

Метод определения динамической вязкости при течении воды, тяжелой и сверхтяжелой на основе теории Эйринга использован в работе [8]. Данный метод дает возможность судить о степени структурированности жидкофазной системы. Чем более структурированной будет начальное состояние жидкости, тем больше будет ее изменение при течении [8]. Большому значению энергии активации течения соответствует более структурированное состояние системы [9]. Это позволяет по значениям вязкости жидкой системы получить оценку структурированности этой системы.

Для определения вязкости водных систем был использован вискозиметр ВПЖ-4, помещенный в термостат. Все характеристики и конструкционные особенности вискозиметра определены ГОСТом 10028-81. Пределы допускаемой относительной погрешности вискозиметра составляют не более 0,35%. Замеры производились не менее 10 раз, а затем усреднялись. В термостате поддерживали заданную температуру в пределах $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Время истечения жидкости в капилляре определяли с использованием замедленной съемки для достижения необходимой точности. Общая погрешность измерений, включая систематические и статистические погрешности, была на два порядка меньше, чем значения измеряемых параметров.

Измерение вязкости проводили в диапазоне температур от 10 до 50°C , с шагом в 10° . Исследовались растворы хлорида кальция в концентрациях кратных концентрациям аптечного раствора хлорида кальция (0,46 моль/кг воды) : 0,23 моль/кг воды; 0,92 моль/кг воды; 1,38 моль/кг воды. Воздействие на водную систему производили гелий – неоновым лазером длиной волны 632,8 нм, и диодным зеленым лазером длиной волны 532 нм мощностью 3 мВт. Обогащение водных растворов соли хлорида кальция кислородом проводилось в процессе механического перемешивания с продувкой воздухом раствора при облучении в течение 3 мин.

На рис.1 представлен график зависимости кинематической вязкости от температуры для водных растворов двух солей одинаковой концентрации 0,46 моль/кг воды хлорида натрия (NaCl) и хлорида кальция (CaCl_2) и воды.

Из расположения кривых можно сделать вывод, что наибольшее влияние на структуру водной системы оказывает CaCl_2 . Это можно объяснить двумя факторами. Во-первых размеры ионов кальция составляют $1,04 \text{ \AA}$, что больше размеров ионов натрия - $0,98 \text{ \AA}$, также заряд Ca^{2+} на единицу больше заряда Na^+ . Исходя из этих параметров, следует, что поляризационная способность ионов кальция почти в два раза выше, следовательно они образуют вокруг себя более плотную и упорядоченную первую (ближайшую) сферу молекул воды.

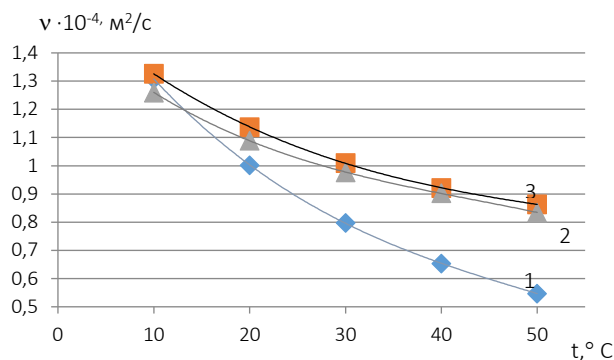


Рисунок 1. Температурная зависимость кинематической вязкости воды (1) и водных растворов хлорида натрия (2) и хлорида кальция (3). Концентрации растворов 0,46 моль/кг воды

При анализе полученных результатов следует также учитывать присутствие в изученных растворах ионов хлора, которые имеют значительно большие размеры ($1,81\text{Å}$), чем катионы рассмотренных металлов, и их влияние превалирует. Так как хлорид-ионы обладают большим радиусом, они образуют вокруг большую гидратную оболочку. А так как при одной молярности в растворе хлорида кальция ионов хлора в два раза больше, чем в растворе хлорида натрия, то и влияние они оказывают большее. Вероятно также, что оба фактора, и анионный, и катионный, влияют на систему одновременно. Расчёт энергии активации вязкого течения показал, что добавление ионов понижает энергетический барьер практически вдвое, причем вне зависимости от соли. Различия между энергиями растворов хлорида натрия и хлорида кальция минимальны (около 1,3%).

$E(\text{H}_2\text{O}) = 16641,6 \text{ Дж/моль}$; $E(\text{NaCl}) = 8335,76 \text{ Дж/моль}$; $E(\text{CaCl}_2) = 8221,08 \text{ Дж/моль}$.

Из этого следует, что, хотя вязкость водных растворов солей больше, чем самой воды, но энергия активации вязкого течения воды в два раза превышает энергию активации этого процесса для солевых растворов. Такой факт может свидетельствовать, что стабильность структурной организации солевых растворов значительно превышает (в два раза) стабильность водной системы.

График зависимости кинематической вязкости водного раствора хлорида кальция от концентрации при различных температурах представлен на рис.2. Видно, что наибольшее изменение вязкости с увеличением концентрации раствора происходит при низких температурах, причем локальный максимум наблюдается при 0,46 моль/кг воды. С ростом температуры этот пик постепенно угасает, зависимость становится практически линейной, что определяет структурные разрушения в результате температурных флуктуаций в системе.

Максимумы в полученных зависимостях свидетельствуют о том, что в интервале концентраций около 0,46 моль/кг воды образуется достаточно устойчивая структура, которая теряет свою упорядоченность приближаясь к значению в 1 моль/кг. Таким образом, с изменением концентрации водного раствора хлорида кальция происходят структурные изменения системы: по всей вероятности растёт количество крупных ассоциатов молекул до определенного предела. Первоначально разрушенная ионами структура воды переходит в более устойчивое состояние. Процесс усиливается с ростом количества ионов.

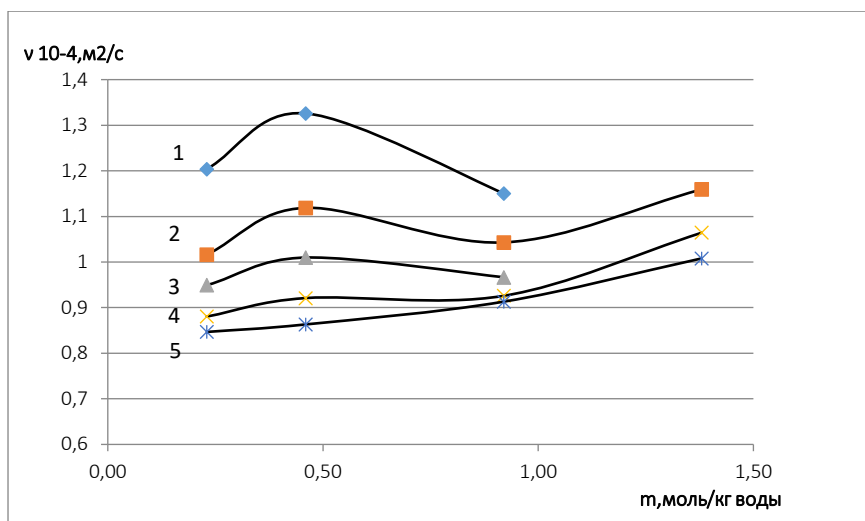


Рисунок 2. Зависимости кинематической вязкости водного раствора хлорида кальция от концентрации при температурах: 1- 10 °C; 2-20 °C; 3-30 °C; 4-40 °C; 5-50 °C

При воздействии на растворы хлорида кальция лазерным излучением в течение не менее 3 мин и в процессе истечения в вискозиметре зависимость вязкости от температуры имеет отличный от необлученных образцов характер (рис.3). Видно, что вязкость растворов хлорида кальция при облучении лазерными источниками уменьшается в 1,2 по сравнению с необлученными растворами. Из представленных зависимостей видно, что воздействие длин волн 632,8 и 532 нм аналогичны, т.е. нет никакой зависимости от длины волны в исследованном интервале. Факт уменьшения вязкости отражает увеличение плотности гидратной оболочки вокруг ионов в растворе и уменьшение размеров такой оболочки для концентрации раствора 0,46 моль/кг воды.

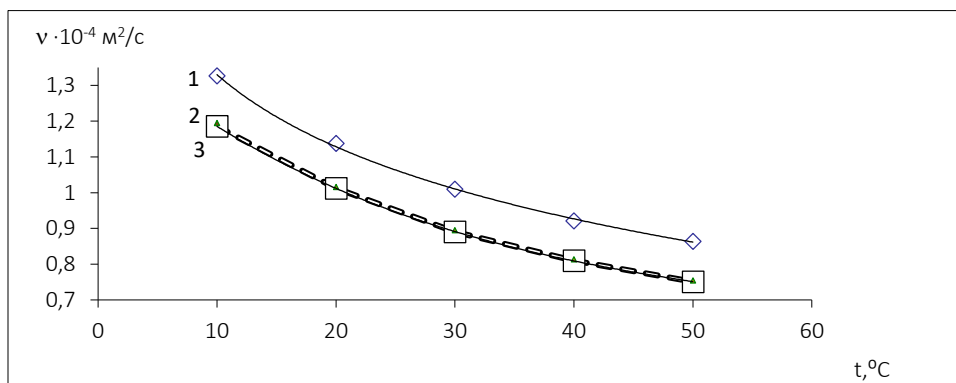


Рисунок 3. Температурная зависимость кинематической вязкости водного раствора хлорида кальция концентрацией 0,46 моль/кг воды : 1(◇)-необлученный образец; 2(□)- образец, облученный лазером с длиной волны 532 нм; 3(△) - образец, облученный лазером с длиной волны 632,8 нм

Зависимость вязкости облученных лазером длиной волны 632,8 нм водных растворов хлорида кальция от концентрации раствора при разных температурах представлена на рис.4.

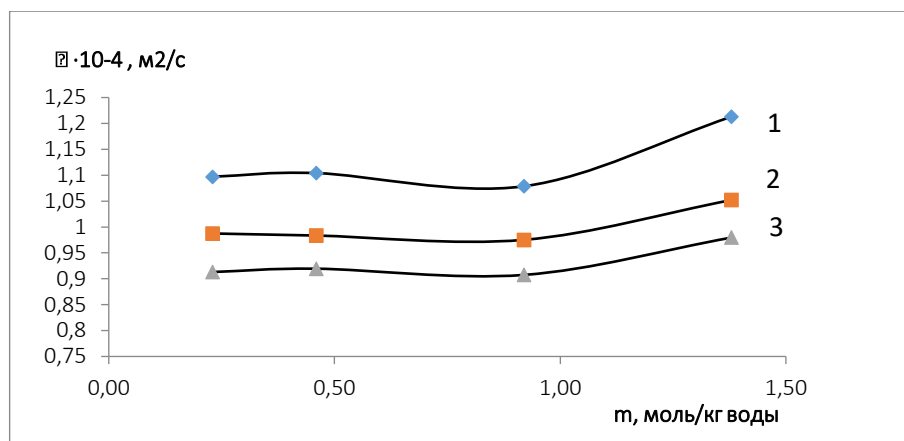


Рисунок 4. Зависимость вязкости облученных лазером длиной волны 632,8 нм водных растворов хлорида кальция от концентрации раствора: 1-20 °С; 2-40 °С; 3-50 °С

Характер концентрационных зависимостей облученных образцов кардинально отличаются от аналогичной зависимости необлученных образцов (рис.2). Для выявления действия облучения на вязкости растворов хлорида кальция представлены сравнительные концентрационные графики для разных температур (рис.5-7).

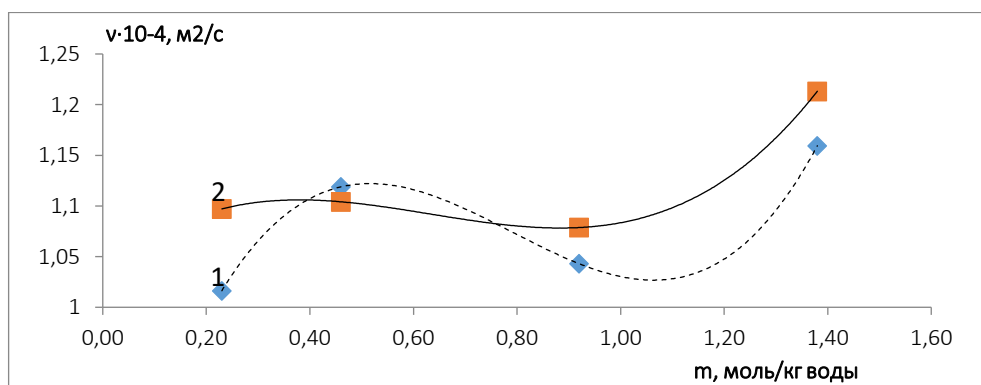


Рисунок 5. Концентрационная зависимость кинематической вязкости необлученных (1) и облученных лазером длиной волны 632,8 нм (2) растворов хлорида кальция. Температура образцов 20 °С

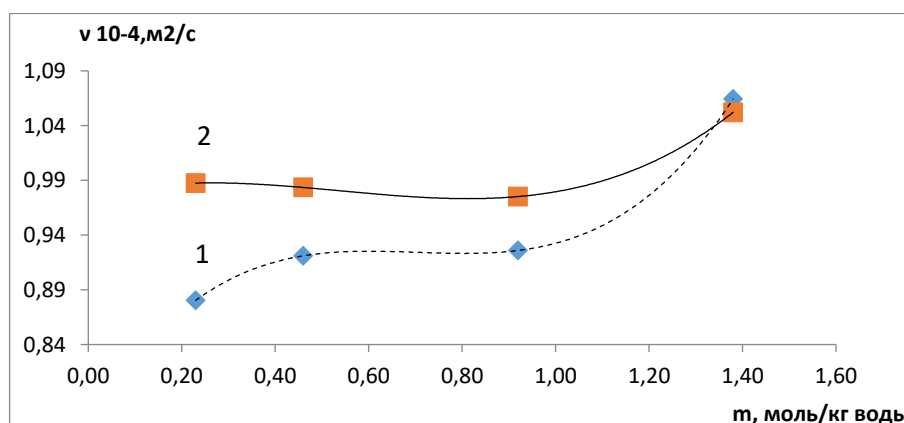


Рисунок 6. Концентрационная зависимость кинематической вязкости необлученных (1) и облученных лазером длиной волны 632,8 нм (2) растворов хлорида кальция. Температура образцов 40 °С

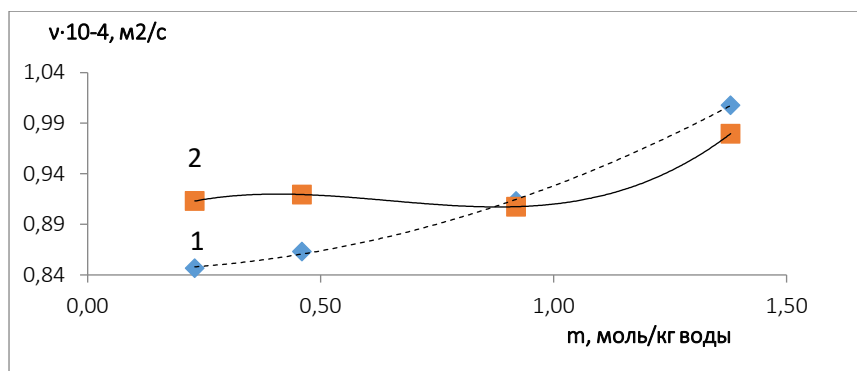


Рисунок 7. Концентрационная зависимость кинематической вязкости необлученных (1) и облученных лазером длиной волны 632,8 нм (2) растворов хлорида кальция. Температура образцов 50 °С

Из полученных зависимостей можно заключить, что структура, образующаяся в растворе под действием монохроматического лазерного излучения, состоит из более крупных и упорядоченных ассоциатов. Это отражается в преимущественном увеличении вязкости облученных образцов по отношению к необлученным. Расчеты энергии активации вязкого течения подтверждают эти выводы. Энергия активации вязкого течения после облучения увеличилась по сравнению с необлученным раствором на 14%, причем этот рост не зависит от длины волны лазера в исследованном диапазоне от 532 нм до 632,8 нм.

$$E(\text{CaCl}_2, 532\text{нм}) = 9338,3 \text{ Дж/моль}, E(\text{CaCl}_2, 640 \text{ нм}) = 9354,57 \text{ Дж/моль}, \\ E(\text{CaCl}_2, \text{ без/обл}) = 8221,08 \text{ Дж/моль}.$$

Однако, разное соотношение концентрационных зависимостей вязкостей облученных и необлученных образцов при разных температурах свидетельствует о том, что при структурообразовании в водных системах при разных условиях протекают несколько процессов: уплотнение или разрыхление гидратных оболочек, разрушение или увеличение этих оболочек. Результат этих процессов отражается в различных концентрационно-температурных зависимостях.

При рассмотрении возможного механизма воздействия лазерного облучения на водный раствор хлорида кальция следует учесть тот факт, что при нормальных условиях в водной системе наряду с другими газами в наибольшем количестве содержится кислород и его соединения (таблица [10]). Для кислорода O_2 основным является триплетное состояние, определяемое мультиплетностью, равной 3. Помимо основного состояния у кислорода существуют активированные или активные формы. Они могут переходить из одной в другую и существовать то в виде свободных радикалов, то в виде соединений, не обладающих электронным спином. Из первых важнейшими являются супероксидный (O_2^-) или в протонированной форме — гидроперекисный (HO_2^*) и гидроксильный (OH^*) радикалы. Из вторых — озон (O_3), синглетный кислород ($^1\text{O}_2$) и перекись водорода (H_2O_2).

Таблица 1

Содержание некоторых молекул в жидкой воде при нормальных условиях [10]

Молекула	H_2O	H^+, OH^-	H_2O_2	O_2	CO_2	HCO_3^-	N_2
Содержание в 1 см ³ водной системы	$3 \cdot 10^{22}$	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{17}$	$2 \cdot 10^{15}$ (pH 5,7-5,9)	$1 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{17}$

Молекула кислорода в основном триплетном состоянии может поглощать энергию и переходить в одно из двух возбужденных синглетных состояний: $^1\Delta_g$ и $^1\Sigma_g^+$, имеющих энергию, превышающую энергию основного состояния на 95 кДж/моль (22,5 ккал/моль) и 158 кДж/моль (31,23 ккал/моль) соответственно (рис. 8) [11].

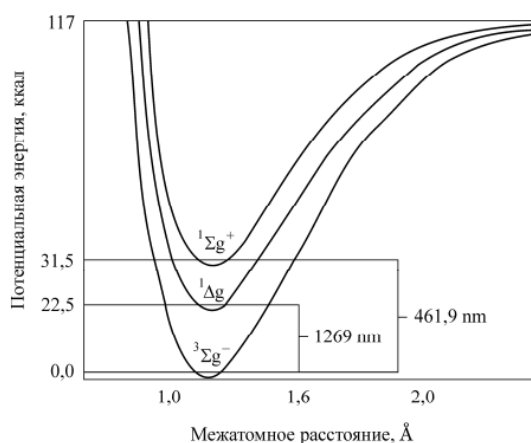


Рисунок 8. Кривые потенциальной энергии для трёх низколежащих состояний молекулярного кислорода [11]

Электронная конфигурация этих состояний отличается лишь структурой π - орбиталей (рис.9).

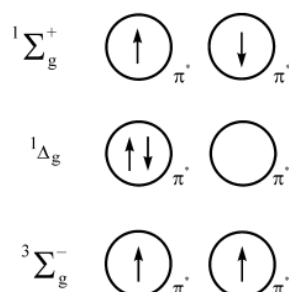


Рисунок 9. Изображение электронных конфигураций трех низколежащих состояний молекулярного кислорода [11]

Синглетный кислород - это общее название для двух метастабильных состояний молекулярного кислорода с более высокой энергией, чем в основном его триплетном состоянии [12]. Переход молекулярного кислорода из основного триплетного состояния в возбуждённое синглетное является запрещённым по спину. Но использование лазеров позволяет перевести кислород в возбуждённое состояние при непосредственном облучении. Разница энергий между основным и синглетным состоянием кислородом составляет 94,2 кДж/моль, что соответствует переходу в ближнем ИК-диапазоне (1270 нм) (первое возбуждённое состояние (${}^1\Delta_g$)). Кроме накачки в полосу поглощения 1270 нм синглетный кислород можно сгенерировать на таких длинах волн, как 634, 650, 762 нм (второе возбуждённое состояние ${}^1\Sigma_g^+$) [12]. В разбавленных водных средах наибольший интерес представляют коллективные явления, приводящие к структурным и динамическим перестройкам водной матрицы, в которых активные формы кислорода являются главными управляющими элементами.

Есть все основания считать, что воздействие лазерного излучения длиной волны 632,8 нм (очень близкой к 634 нм) на водный раствор хлорида кальция также приводит к генерации в системе синглетного кислорода, эффективность действия которого значительно превышает действие триплетного кислорода. В процессах с участием активных форм кислорода происходит самоорганизация, проявляющаяся в структурной перестройке молекул воды и гидратных оболочек растворенных в воде солей.

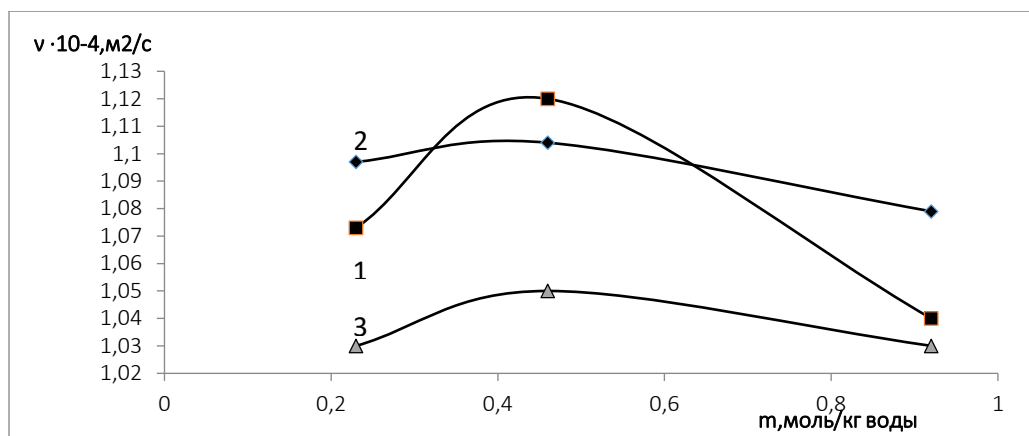


Рисунок 10. Концентрационная зависимость вязкости растворов при 20 °C. 1- необлученный раствор; 2- неoblученный кислородом раствор облучен лазерным источником с длиной волны 632,8 нм; 3- обогатенный кислородом раствор облучен лазерным источником с длиной волны 632,8 нм

Под воздействием активных форм кислорода происходит ориентация и перестройка структуры, как молекул воды, так и гидратных оболочек растворённых в воде ионов солей. В результате таких многоплановых воздействий происходит изменение структуры всей системы водного раствора хлорида кальция, что и отражается в изменении вязкости (рис.10). Разрушение гидратной оболочки вокруг ионов приводит к уменьшению вязкости системы.

В результате проведенных исследований выяснено, что вязкость отражает структурную организацию водной системы и растворов солей хлорида кальция. Значительный вклад в изменение структурного состояния водных растворов вносит лазерное излучение. При этом энергия активации вязкого течения водных растворов солей хлорида кальция в два раза меньше энергии активации самой воды, что свидетельствует о значительном структурном преобразовании системы при внесении ионов кальция и хлора. Вязкость растворов солей в результате облучения при недостатке кислорода в основном приводит к увеличению вязкости, а обогащение кислородом в процессе облучения приводит к уменьшению вязкости системы.

Понимание этих процессов дает возможность изменять скорости химических реакций в водных растворах хлорида кальция, изменяя диффузионную стадию взаимодействия молекул

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Денисов Е.Д. Кинетика гомогенных химических реакций. М.: Высшая школа, 1978. 367 с.
2. Кнорре Д.Г., Крылова Л.Ф., Музыкантов В.С. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1990. 416 с.
3. Альбертс Б, Джонсон А, Льюис Дж, Морган Д, Рафф М, Робертс К, Уолтер П. (2015). Молекулярная биология клетки (6-е изд.) (2015). Garland Science. p. 255
4. Павлов А.Н. Физические основы энергоинформационной медицины. Москва 2018. 153 с.
5. <https://himya.ru/plotnost-vodnyx-rastvorov-xlorida-kalciya.html>
6. Эрден-Груз Т. Явления переноса в водных растворах. Москва: Мир. 1976. 427 с.
7. Глессон С., Лейдлер К., Эйринг Г. Теория абсолютных скоростей реакций. – М.: Изд-во иностр. лит. 1948. 583 с.; <https://archive.org/details/B-001-026-834-PDF-024>
8. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Гасанов Н.Г. Параметры активации вязкого течения воды, тяжелой воды и сверхтяжелой воды. *Успехи современного естествознания*. 2015. №10. С.32-35; <https://natural-sciences.ru/ru/article/viewid=35645>
9. Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh. // *News of Baku university, series of physico-mathematical sciences*. – 2010. – № 3. – P. 109–116.
10. Беловолова Л.В., Глушков М.В., Виноградов Е.А. Влияние растворенных газов на сильно разбавленные водные среды. // *Биофизика*, 2014. 59 (4): 641–648;

https://www.researchgate.net/publication/278708660_Influence_of_dissolved_gases_on_highly_diluted_aqueous_media

11. Herzberg G. Molecular Spectra and Molecular. Structure I: Spectra of Diatomic Molecules. – 2nd ed. – Von Nostrand Reinhold Company, New York, 1950.

12. Пыжьянова Е.А., Замысловский В.А., Ременникова М.В. Исследование образования синглетного кислорода в дистиллированной воде под воздействием лазерного излучения с длиной волны 1,27 мкм // Прикладная фотоника. 2018 г. Т. 5, № 4.С.297-309

STUDY OF STRUCTURAL CHANGES IN AN AQUEOUS SOLUTION OF CALCIUM CHLORIDE UNDER INFLUENCE OF LASER RADIATION, DETERMINING THE CHEMICAL ACTIVITY OF THE SYSTEM.

Komova N.N., Kuvyrkova V.V., Korovin M.A.

The work qualitatively assessed the degree of organization of the “aqueous solution of calcium chloride” system when studying the activation energy of viscous flow. The influence of temperature and laser irradiation at wavelengths of 632.8 and 532 nm was studied. The activation energy of viscous flow of aqueous solutions of calcium chloride salts is two times less than the activation energy of water itself, which indicates a structural transformation of the system upon dissolution of calcium chloride. It has been shown that the viscosity of salt solutions as a result of laser irradiation with a lack of oxygen leads to an increase in viscosity, and enrichment with oxygen leads to a decrease in viscosity. A mechanism for processes occurring in an aqueous solution of calcium chloride of small concentrations at different saturations of the solution with oxygen has been proposed.

Keywords: calcium chloride solution, flow activation energy, laser irradiation.

Сведения об авторах:

Комова Нинель Николаевна

Доцент кафедры физики и технической механики, кандидат химических наук,
РТУ МИРЭА – Российский технологический университет

E-mail: komova@mail.ru

SPIN-код: 3215-1847

Кувыркова Варвара Витальевна

Студентка Института тонких химических технологий,
РТУ МИРЭА – Российский технологический университет

E-mail: varvara.bokalkina@yandex.ru

Коровин Максим Артемович

Студент Института тонких химических технологий,
РТУ МИРЭА – Российский технологический университет

E-mail: korovin.maks.1983@gmail.com

УДК 544.139

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ПОЗИТРОНИЯ КАК ЗАЦЕПЛЕНИЯ ХОПФА ДВУХ ТОРОВ

Перфильев Михаил Сергеевич,
Лякишев Владислав Константинович

В данной работе проведено математическое моделирование движения электронов и позитронов в молекуле позитрония как зацепления Хопфа двух торов. Координаты элементарных частиц записаны в декартовой и параметрической системах координат, где роль параметра играет время. С использованием принципа минимума потенциальной энергии кулоновского взаимодействия на языке программирования C++ проведено компьютерное моделирование молекулы. После срабатывания в качестве результата программа выдала значение энергии молекулы, близкое к значению, полученному принципиально другим методом. Также с учётом корпускулярно-волнового дуализма моделирование молекулы позитрония проведено на языке программирования Python.

Ключевые слова: молекула позитрония, зацепление Хопфа, Боровский радиус, олоид, теорема вириала, язык программирования C++, язык программирования Python.

Позитроний (Ps) состоит из электрона и позитрона [1], причём существуют ортопозитроний (спины электрона и позитрона сонаправлены), и парапозитроний (спины электрона и позитрона противоположно направлены) [2]. Взаимодействия позитрония (по химическим свойствам он близок к водороду) используются для изучения явлений молекулярной физики и физической химии (кинетики химических реакций, фазовых переходов, процессов диффузии) в газах и конденсированных средах. Спектроскопия и прецизионное измерение времени жизни позитрония представляют интерес как метод проверки теоретических расчётов в области квантовой электродинамики.

Кроме атомарного позитрония также существует молекулярный позитроний с энергией связи приблизительно 0,4 эВ [3], который можно получить в эксперименте при облучении тонкой плёнки пористого кварца мощным потоком позитронов [4]. Известны некоторые характеристики атома позитрония [5]. Радиус атома позитрония в основном состоянии оценивается как 0,106 нм (два боровских радиуса); потенциал ионизации для основного состояния оценивается как 6,77 эВ (т. е. половина потенциала ионизации водорода [6]). Энергия ортопозитрония в основном состоянии выше, чем энергия парапозитрония в основном состоянии, между этими двумя состояниями могут происходить переходы. Также известно, что при образовании атома позитрония ортопозитроний возникает втрое чаще, чем парапозитроний.

В модели молекулы позитрония как зацепления Хопфа двух торов [7] два электрона, которые ранее принадлежали разным атомам, начинают вращаться вокруг их общего центра масс, в силу двойственности природы элементарных частиц образуя электронное кольцо (тор). Два позитрона также начинают вращаться вокруг их общего центра масс, образуя позитронный тор. В теории узлов зацеплением Хопфа называют простейшее нетривиальное зацепление с двумя и более компонентами. Зацепление Хопфа состоит из двух окружностей, зацеплённых однократно [8], [9]. В рамках предложенной модели молекула позитрония состоит из двух торов [10], которые лежат в перпендикулярных плоскостях таким образом, что каждый тор проходит через центр другого тора.

Учитывая тот факт, что электрон и позитрон отличаются только электрическим и лептонным зарядами, можно сделать логичный вывод, что радиусы торов, образованных вращением электронов и позитронов соответственно, будут одинаковыми. Тогда размер молекулы позитрония можно оценить в шесть боровских радиусов, то есть как $3,18 \text{ \AA}$: $d \approx 6 \cdot a_0 = 3,18 \text{ \AA}$,

где a_0 - боровский радиус [11]. Известно, что ортопозитроний аннигилирует с испусканием нечётного числа квантов электромагнитного излучения (чаще всего речь идет о трех гамма-квантах); парапозитроний всегда аннигилирует на два гамма-кванта. Молекула позитрония также является короткоживущей и тоже быстро аннигилирует [12]. Модель двух зацеплённых торов является весьма удачной, так как два «дырявых» тора, зацеплённых между собой, можно продеформировать таким образом, чтобы один из торов «проглотил» другой тор (этот факт является одним из математических парадоксов американского математика и популяризатора науки Мартина Гарднера).

На рис. 1 изображена выпуклая оболочка каркаса, образованного двумя окружностями, лежащими в перпендикулярных плоскостях так, что центр каждой окружности лежит на другой окружности, т.е. олоид [13], построенный на зацеплении Хопфа двух торов.

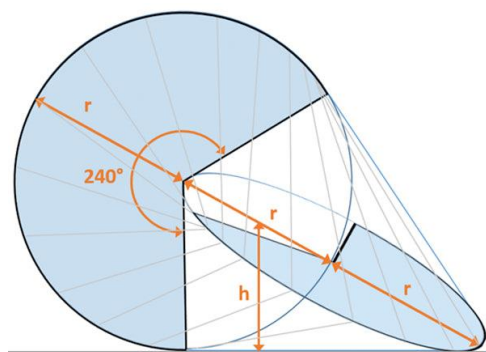


Рисунок 1.

В этом случае объём молекулы позитрония можно оценить, как объём олоида: $V \approx 3,0524r^3 = 3,0524(2a_0)^3 = 3,635\text{Å}^3$. Абсолютное значение (модуль) полной энергии молекулы позитрония равно сумме двух полных энергий атома позитрония и энергии образования молекулы: $E_{\text{полная}} = 2E_{Ps} + E_{\text{образования}} = 6,77 \cdot 2 + 0,4 = 13,94$ эВ. Согласно теореме вириала для случая электрического поля [14] потенциальная электрическая энергия системы равна удвоенной полной энергии молекулы, то есть $W_{\text{потенциальная}} = 2E_{\text{полная}} = 27,88$ эВ (молекула позитрония не находится в состоянии динамического равновесия, поэтому теорема вириала выполняется для нее приближенно).

Математическое моделирование движения электронов и позитронов в зацепленных торах

Проведём расчёты скорости вращения электронного и позитронного торов. В соответствии с теоремой вириала кинетическая энергия молекулы позитрония равна половине абсолютного значения его потенциальной энергии:

$$E_{\text{кинетическая}} = \frac{W_{\text{потенциальная}}}{2} = 13,94\text{эВ} = 22,33 \cdot 10^{-19}\text{Дж}. \quad (1)$$

Решая уравнение

$$4m_e \frac{V^2}{2} = 22,33 \cdot 10^{-19}\text{Дж}, \quad (2)$$

получим значение скорости вращения торов

$$V = 1107202,7 \text{ м/с} = 0,0037C, \quad (3)$$

где C – скорость света, m_e – масса электрона.

Вычисленное значение скорости значительно меньше скорости света, поэтому нет необходимости учитывать в ходе расчётов релятивистские эффекты.

Также полученную скорость можно записать как

$$V = \frac{\alpha C}{2}, \quad (4)$$

где α – постоянная тонкой структуры [15] (постоянная тонкой структуры является фундаментальной физической константой, не имеющей размерности. Характеризует силу электромагнитного взаимодействия во Вселенной).

Запишем уравнения электронного и позитронного торов в декартовой системе координат (осях абсцисс, ординат и аппликат). Пусть электронное кольцо лежит в плоскости XOY так, что его центр находится в начале координат, а зацепленное с ним позитронное кольцо имеет положительную ординату и находится в плоскости YOZ. Тогда электронное кольцо будет описываться уравнениями

$$z = 0; x^2 + y^2 = 4a_0^2, \quad (5)$$

а позитронное кольцо уравнениями

$$x = 0; (y - 2a_0)^2 + z^2 = 4a_0^2. \quad (6)$$

Пусть первый электрон в текущий момент времени t находится в точке E_1 , второй электрон в точке E_2 , первый позитрон в точке P_1 , второй позитрон в точке P_2 . Тогда в параметрических координатах (роль параметра играет время t) их координаты:

$$E_1(2a_0 \sin(\omega t); 2a_0 \cos(\omega t); 0); \quad (7)$$

$$E_2(-2a_0 \sin(\omega t); -2a_0 \cos(\omega t); 0); \quad (8)$$

$$P_1(0; 2a_0 \sin(\omega t + \varphi) + 2; 2a_0 \cos(\omega t + \varphi)); \quad (9)$$

$$P_2(0; -2a_0 \sin(\omega t + \varphi) + 2; -2a_0 \cos(\omega t + \varphi)), \quad (10)$$

где φ – сдвиг фаз между вращением электронов и позитронов в торах,

$\omega = \frac{v}{2a_0}$ – угловая скорость (циклическая частота) вращения частиц. При записи координат частиц (7), (8), (9), (10) учтён тот факт, что частицы одного знака отталкиваются друг от друга, поэтому находятся в диаметрально противоположных точках торов.

Расстояния между парами частиц можно найти согласно формуле [16]

$$dist = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}, \quad (11)$$

а потенциальную энергию кулоновского электрического взаимодействия по формуле

$$W = k \frac{q_1 q_2}{r}, \quad (12)$$

где q_1 и q_2 – заряды частиц, а r – расстояние между ними [17].

При определённом значении сдвига фаз φ модуль потенциальной энергии будет максимален, тогда сама потенциальная энергия минимальна в соответствии с принципом минимума потенциальной энергии.

Компьютерная проверка модели молекулы позитрония как зацепления Хопфа двух торов

Проверим корректность предложенной модели молекулы позитрония при помощи компьютерных вычислений на одном из самых мощных и популярных языков программирования C++ [18], [19].

```
#include <iostream> //подключаем библиотеку, которая реализует основы ввода и
//вывода информации
#include <cmath> //подключаем библиотеку, дающую возможность использовать
//математические функции
using namespace std; //эта директива позволяет использовать ввод данных cin>>
// и вывод данных на экран cout<<
int main() //точка входа в программу
```



```

{ //начало программы
int k; //количество итераций цикла k имеет целочисленный тип
float t; //текущее время
x1,y1,z1, //текущие координаты первого электрона
x2,y2,z2, //текущие координаты второго электрона
x3,y3,z3, //текущие координаты первого позитрона
x4,y4,z4, //текущие координаты второго позитрона
a,b,c,d,f,g, //текущие расстояния между парами частиц
fi, //сдвиг фаз между вращением частиц (измеряется в радианах)
fiisk, //искомое значение сдвига фаз, при котором модуль потенциальной энергии
//максимален
W, // условная потенциальная энергия молекулы позитрония, т.е. без учёта //
множителя 27.211386
sum, //сумма k значений энергии
sred, //среднее значение модуля потенциальной энергии
w, //угловая скорость (циклическая частота) вращения частиц по окружности
sredmax; //максимальное значение средней потенциальной энергии
// все вышеуказанные величины, имеющие тип float, являются числами с плавающей
точкой, то есть рациональными числами
cout<<fixed; cout.precision (12); //устанавливаем точность вычислений 12
//знаков после запятой
w=1.046155*row(10,16); //задаём циклическую частоту вращения частиц,
//равную  $V/R=V/(2a_0)$ 
sredmax=-1; //задаём временное значение средней энергии меньше левой //границы
диапазона (стандартный прием поиска максимального значения в //
программировании)
fi=0; //начальный сдвиг фаз между вращением позитроном и электронами задаём //
нулевым
while (fi<=3.141593) //цикл будет выполняться, пока сдвиг фаз не превысит Пи // радиан
{ //начало внешнего цикла
t=0; //начальный момент времени задаём нулевым
k=0; //начальное значение количества итераций цикла задаём нулевым, чтобы //
организовать счетчик
sum=0; //начальное значение суммы энергий задаём нулевым, чтобы //
организовать счетчик
while (t<=0.0000001) //цикл выполняется до тех пор, пока время меньше либо //равно
0.0000001
{ //начало внутреннего цикла
x1=2*sin(w*t); y1=2*cos(w*t); z1=0; //вычисляем текущие координаты
//первого электрона
x2=-2*sin(w*t); y2=-2*cos(w*t); z2=0; //вычисляем текущие координаты
//второго электрона
x3=0; y3=2*sin(w*t+fi)+2; z3=2*cos(w*t+fi); //вычисляем текущие координаты
//первого позитрона
x4=0; y4=-2*sin(w*t+fi)+2; z4=-2*cos(w*t+fi); //вычисляем текущие координаты
//второго позитрона
a=sqrt(pow(x2-x1,2)+pow(y2-y1,2)+pow(z2-z1,2));
// вычисляем расстояние между двумя электронами
b=sqrt(pow(x4-x3,2)+pow(y4-y3,2)+pow(z4-z3,2));
//вычисляем расстояние между двумя позитронами
c=sqrt(pow(x3-x1,2)+pow(y3-y1,2)+pow(z3-z1,2));
// вычисляем расстояние между первым электроном и первым позитроном
d=sqrt(pow(x4-x1,2)+pow(y4-y1,2)+pow(z4-z1,2)); //вычисляем расстояние между //первым
электроном и вторым позитроном

```

```

f=sqrt(pow(x3-x2,2)+pow(y3-y2,2)+pow(z3-z2,2)); //вычисляем расстояние между //вторым
электронем и первым позитроном
g=sqrt(pow(x4-x2,2)+pow(y4-y2,2)+pow(z4-z2,2)); //вычисляем расстояние между //вторым
электронем и вторым позитроном
W=1.0/a+1.0/b-1.0/c-1.0/d-1.0/f-1.0/g; //вычисляем условную потенциальную //энергию,
помня о том, что энергия притяжения отрицательна, а энергия // отталкивания
положительна
sum=sum+W; //вычисляем сумму условных энергий
k++; //увеличиваем количество прошедших срабатываний внутреннего цикла на //единицу
t=t+0.001; //делаем прибавку ко времени, т.е. задаём шаг времени
} //конец внутреннего цикла
sred=27.211386*abs(sum/k); //вычисляем среднее значение реальной //потенциальной
энергии (ее модуль) молекулы в электронвольтах
if (sred>sredmax) //если среднее значение энергии больше ранее полученного //
максимального значения
{ //начало тела условного оператора
sredmax=sred; //присылаем это значение среднему максимальному
fiisk=fi; //присваиваем значение сдвига фаз искомому значению сдвига фаз
} //конец тела условного оператора
fi=fi+0.00000001; //делаем прибавку к сдвигу фаз, то есть задаём шаг
} //конец внешнего цикла
cout<<sredmax<<endl; //выводим среднее значение максимальной //
потенциальной энергии в отдельной строке
cout<<fiisk; //выводим на экран искомое значение сдвига фаз в отдельной строке
return 0; //возвращений нуля в систему как критерий правильного исполнения
} //конец программы

```

Программа выдаёт следующие результаты:

Среднее значение модуля потенциальной электрической энергии молекулы позитрония 24,73 эВ, что близко к значению 27,88 эВ, рассчитанному другим методом. Таким образом, компьютерная проверка модели молекулы позитрония как зацепления Хопфа прошла успешно. Сдвиг фаз между вращением электронов и позитронов, при котором модуль потенциальной энергии максимален, а сама она минимальна, равен 1,57 радиана (90 градусов). Согласно принципу неопределённости Гейзенберга [20], невозможно точно зафиксировать местонахождение электрона и позитрона, а в соответствии с теорией волн де Бройля [21] частицы имеют также волновую природу, которая не учтена при компьютерном моделировании. Этим можно объяснить небольшое отличие значений энергий.

Попытаемся учесть двойственную природу элементарных частиц, усреднив значение модуля потенциальной энергии кулоновского взаимодействия по всем значениям сдвига фаз φ и сделав электронный и позитронный торы «размытыми», умножив расстояния между парами частиц a, b, c, d, f, g на множитель $1 + 0,2\sin(t + \delta)$, где δ – случайное вещественное число. Проведем компьютерное моделирование на языке программирования Python [22], взяв в качестве примера $\delta = 0; \frac{\pi}{3}; \frac{2\pi}{3}; \pi; \frac{4\pi}{3}; \frac{5\pi}{3}$.

```

from math import * # импортируем функции из математического модуля
w=1.046155*pow(10,16)
k=0
sum=0
fi=0
while fi<=2*3.141593 :
    t=0
    while t<=0.0000001 :
        x1=2*sin(w*t)
        y1=2*cos(w*t)

```

```

z1=0
x2=-2*sin(w*t)
y2=-2*cos(w*t)
z2=0
x3=0
y3=2*sin(w*t+fi)+2
z3=2*cos(w*t+fi)
x4=0
y4=-2*sin(w*t+fi)+2
z4=-2*cos(w*t+fi)
a=(1+0.2*sin(t))*sqrt(pow(x2-x1,2)+pow(y2-y1,2)+pow(z2-z1,2))
b=(1+0.2*sin(t+pi/3))*sqrt(pow(x4-x3,2)+pow(y4-y3,2)+pow(z4-z3,2))
c=(1+0.2*sin(t+2*pi/3))*sqrt(pow(x3-x1,2)+pow(y3-y1,2)+pow(z3-z1,2))
d=(1+0.2*sin(t+pi))*sqrt(pow(x4-x1,2)+pow(y4-y1,2)+pow(z4-z1,2))
f=(1+0.2*sin(t+4*pi/3))*sqrt(pow(x3-x2,2)+pow(y3-y2,2)+pow(z3-z2,2))
g=(1+0.2*sin(t+5*pi/3))*sqrt(pow(x4-x2,2)+pow(y4-y2,2)+pow(z4-z2,2))
W=1/a+1/b-1/c-1/d-1/f-1/g
sum=sum+W
k=k+1
t=t+0.000000001
fi=fi+0.01
Wusred=round(27.211386*abs(sum/k),2) # вычисляем усреднённое значение #
потенциальной энергии, округлив его до сотых долей
print(Wusred) #выводим полученное значение на экран

```

После срабатывания программа выдает результат 27,93 эВ, то есть значение, очень близкое к 27,88 эВ.

Таким образом, в данной работе проведено математическое и компьютерное моделирование движения электронов и позитронов в молекуле позитрония на языках программирования C++ и Python. За основу взята модель молекулы как зацепления двух торов, лежащих в перпендикулярных областях так, что каждый из торов проходит через центр другого. Полученные в результате работы компьютерных программ значения потенциальной электрической энергии молекулы позитрония близки к значению 27,88 эВ, полученному совершенно другим методом.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Окунь Л. Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2009, стр. 37.
2. Гольданский В.И. Физическая химия позитрона и позитрония. Москва, Наука, 1968, 174 стр.
3. J. A. Wheeler. Polyelectrons // Annals of the New York Academy of Sciences.- 1946.- Т. 48, № 3. - С. 219-238.
4. D. B. Cassidy, A. P. Mills, Jr. The production of molecular positronium // Nature.- 2007.- Т. 449. - С. 195-197.
5. <https://old.bigenc.ru/physics/text/3150904>
6. <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?rydhcev>
7. Перфильев М.С., Лякишев В.К. Геометрическая модель молекулы позитрония в контексте зацепления Хопфа. //Естественные и технические науки, №8, Москва, 2023. С. 39-43.
8. Прасолов В. В., Сосинский А. Б. Узлы, зацепления, косы и трехмерные многообразия. Москва, МЦНМО, 1997, стр.12.
9. <https://mathworld.wolfram.com/HopfLink.html>
10. <https://www.wolframalpha.com/input?i=torus>
11. <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bohrrada0>

12. https://elementy.ru/novosti_nauki/430592/Est_molekulyarnyy_pozitroniy
13. <https://mathcurve.com/surfaces.gb/orthobicycle/orthobicycle.shtml>
14. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. Москва, Физматлит, 2005. стр. 148.
15. Томилин К.А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. – Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2006. – С. 131–135.
16. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Москва, АСТ:Астрель, 2006, стр. 157.
17. Баширов Ф.И. Электростатика и постоянный электрический ток. Казань, Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Институт Физики, кафедра общей физики, 2014, стр. 34.
18. Герберт Шилдт. Полный справочник по C++. Москва, Издательский дом Вильямс, 2006, 796 стр.
19. Кувшинов Д.Р., Осипов С.И. Основы программирования. Язык C++. Екатеринбург, Издательство Уральского Университета, 2021, 490 стр.
20. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2004, стр. 70-73.
21. Кислов А.Н. Нерелятивистская квантовая механика: учебник. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020, стр. 9-12.
22. Буйначев С.К., Боклаг Н.Ю. Основы программирования на языке Python: учебное пособие. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2014, 91 стр.

COMPUTER VERIFICATION OF THE POSITRONIUM MOLECULE MODEL AS A TWO TORI HOPF LINK

Perfileev M.S., Lyakishev V.K.

In this work, mathematical modelling of electrons and positrons motion in a positronium molecule as a two tori Hopf link was carried out. This article shows the coordinates of elementary particles in Cartesian and parametric coordinate systems, where time plays the role of a parameter. Using the minimum total potential energy principle (Coulombs law), this computer simulation of the molecule was carried out in the C++ programming language. After data processing, the programme gave out the numerical value of the molecule energy, which is close to the numerical value obtained by a fundamentally different method. Also, taking into account wave-particle duality, the modelling of the positronium molecule was carried out in the Python programming language.

Keywords: di-positronium molecule, Hopf link, Bohr radius, oloid, virial theorem, programming language C++ , programming language Python.

Сведения об авторах:

Перфильев Михаил Сергеевич

Доктор Международной Академии Естествознания, РФ, г. Иркутск

E-mail: perfmihserg18011985@mail.ru

Лякишев Владислав Константинович

Студент Химического Факультета ИГУ, РФ, г. Иркутск

E-mail: lyakishevladislavkonst@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

УДК 504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Вынгра Анна Николаевна,
Вынгра Алексей Викторович

В настоящее время широкое внимание в рамках развития экологии уделяется вопросам эффективности и рентабельности использования альтернативных источников электроэнергии. В работе произведено исследование эколого-экономической эффективности внедрения солнечных электростанций на территории Республики Крым. Произведён обширный литературный анализ проблематики исследования. Рассмотрены климатические характеристики местности на предмет пригодности для внедрения электростанций. На основе рассчитанных энергетических характеристик генерации мощности солнечной электростанции произведено исследование возможностей снижения углеродоёмкости региональной энергетики. Проанализированы аспекты техногенной нагрузки на экосистему за счет производства, эксплуатации и утилизации солнечных панелей исходя их расчетной мощности электростанции. Заключено, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети снижается уровень углеродоемкости энергетики региона, однако на мировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

Ключевые слова: солнечная электростанция, энергетическая рентабельность, альтернативные источники электроэнергии, техногенная нагрузка, углеродоёмкость.

Одной из важнейших особенностей совместного развития экологии и энергетики является повышенное внимание к проблемам рациональности и эффективности использования энергоресурсов, внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В современном мире происходит постоянное углубление проблем мировой экономики, связанных с «глобальным изменением климата» и сокращением запасов углеводородов, что стимулирует применение и развитие возобновляемой энергетики в мире. В середине 2020 года Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) опубликовало доклад, согласно которому любое новое энергопроизводство, работающее на ископаемых видах топлива, становится все дороже по сравнению с внедрением возобновляемых источников энергии. Последние 10 лет происходит совершенствование технологий, удешевление энергоустановок из-за увеличения масштаба их производства, постоянно растущей конкурентоспособности и приобретению нового опыта разработчиками затраты на производство электроэнергии из альтернативных источников резко упали [4-6].

В связи с этим применение ВИЭ помогает решить проблему удовлетворения нарастающих потребностей населения Республики Крым в электроэнергии, обеспечивая экологическую безопасность, которая также выгодна для и для экономики региона и страны в целом.

Поэтому цель данной работы: исследовать экологические аспекты внедрения альтернативных источников электроэнергии на территории Республики Крым, проанализировать их технико-экономическое влияние и оценить техногенную нагрузку. Ввиду большого разнообразия типов ВИЭ в основном в работе будут рассматриваться наиболее

распространённые. При проведении исследования используются следующие методы: анализ, синтез, сравнение, системный анализ, расчетный. Материалами исследования будут выступать литературные источники и архивные данные.

Альтернативные источники энергии (АИЭ) — это природные явления, которые путем преобразования в специальных установках превращаются в тепловую или электрическую энергию. Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, который заменяет собой традиционные источники энергии, функционирующие на природном газе, нефти и угле.

Применение альтернативной энергетики в Республике Крым обусловлено не только климатическими характеристиками, но и Указами Президента РФ, а также стратегическими документами социально-экономического развития Российской Федерации.

Согласно пункту 11 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству Российской Федерации при реализации совместно с органами государственной власти субъектов Российской Федерации Национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" необходимо обеспечить к 2024 году преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуры, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений [12].

Необходимость внедрения возобновляемой энергетики в Республике Крым обусловлены проблемами электроснабжения. С фактическим присоединением Крыма к России снизилась надёжность систем газоснабжения и электроснабжения и повысилась нагрузка на энергетическую систему, связанная с резким развитием промышленности и туризма. Появились новые задачи по обеспечению энергетической независимости Крыма, в связи с чем, использование альтернативной энергетики реализует отраслевые стратегические документы социально-экономического развития РФ.

Развитие альтернативной энергетики на территории Российской Федерации является перспективным направлением деятельности. Существует ряд организаций, предприятий и ассоциаций, занимающихся изучением и внедрением АИЭ на территории России. Рассмотрим некоторые из них.

Ассоциация предприятий солнечной энергетики развитием СЭС и организацией научно-исследовательской деятельности. Членами партнерства является группа компаний Хевел, Солар Системс, Ассоциация специалистов возобновляемой энергетики «Зеленый киловатт», Влибор Системс, АльтЭнерго, Научно-Технический Центр и другие [3].

Климат Республики Крым относится к числу важнейших факторов применения альтернативных источников энергии. Он влияет на образование ландшафтов и обуславливает их широтную зональность. Климат большей части полуострова характеризуется как климат умеренного пояса. Южный берег Крыма характеризуется субсредиземноморским климатом сухих лесов и кустарниковых зарослей [6,7,11].

Морской и континентальный типы климата зависят от распределения суши и моря. От них, в свою очередь, зависят режимы осадков, температуры, облачности и влажности. При этом важную роль играет и положение места в условиях общей циркуляции атмосферы. Черное и Азовское моря, омывающие полуостров, образуют морской тип климата. Континентальный климат выражен расположением среди большой по площади суши северной половины восточного полушария.

Формы рельефа также участвуют в образовании климата. Например, хребты задерживают и меняют направления движения воздушных масс, а также деформируют метеорологические фронты. Между хребтами изменяется скорость воздушных течений, возникают местные горно-долинные ветры.

Географическая зональность в распределении элементов климата зависит от объема солнечной радиации, который в основном определяет географическая широта. Географическое положение Крыма обуславливает большое поступление солнечной радиации на территорию круглогодично. Например, зимой за сутки в Республике поступает в 8-10 раз больше тепла, чем в

Санкт-Петербурге. Таким образом, климатические характеристики Республики Крым подходят для использования солнечной энергии.

В настоящее время на территории Республики Крым установлено шесть солнечных электростанций промышленной генерации. Также, присутствует немалое количество солнечных электростанций частных домовладений. На рисунке 1 приведены все солнечные электростанции Крыма, с расчетной мощностью более 1 МВт. Однако самая большая СЭС «Владиславовка» мощностью более 100 МВт в настоящее время не эксплуатируется. Для введения ее в силовые сети полуострова необходимо дополнительное строительство трансформаторных подстанций, что предполагает значительные финансовые затраты.

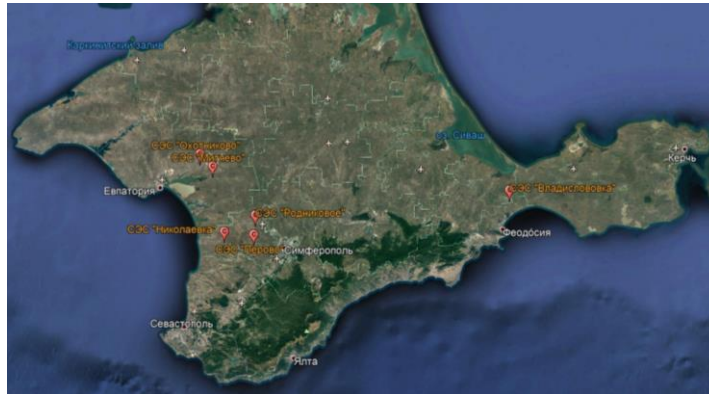


Рисунок 1. Расположение СЭС в Республике Крым

В ходе исследования произведён расчёт экономии электрической энергии, потребляемой Северо-восточным регионом полуострова, при введении в эксплуатацию промышленной солнечной электростанции средней мощности [7].

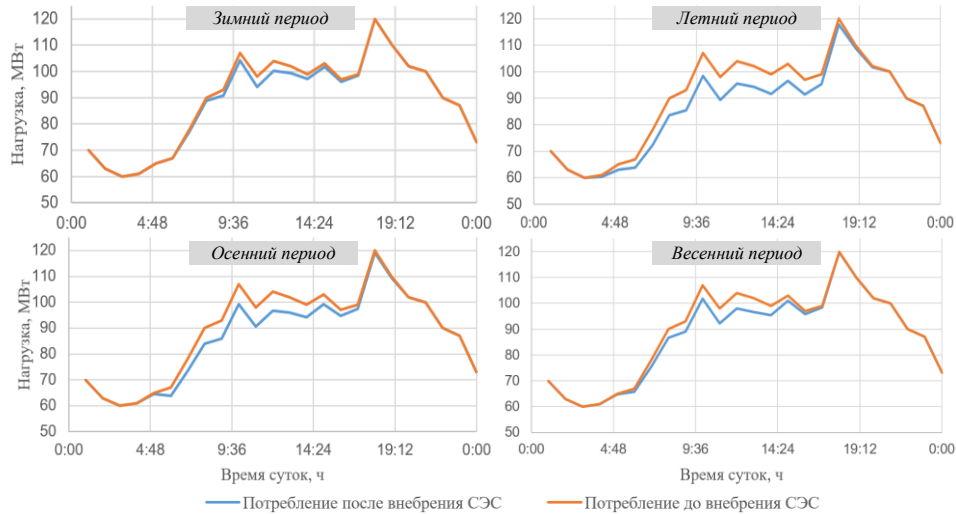


Рисунок 2. График изменения нагрузки на главную сеть северо-восточного региона полуострова

В качестве примера рассмотрена СЭС мощностью 25 МВт, расчёт которой произведен с использованием метеоданных для определения времени восхода и захода солнца для каждого времени года и усредненных данных энергопотребления региона в различные времена года.

На основании полученных данных возможно рассчитать количество потребляемой энергии без учета применения СЭС. Для этого используем следующую зависимость:

$$W_{\text{потр.}} = W_n \cdot T \cdot n, \tag{1}$$

где W_n – суточное значение потребленной энергии, МВт·ч/день; $T = 30$ – период работы потребителей, дней; $n = 3$ – количество месяцев.

Следовательно, количество энергии, выработанное солнечной электростанцией за выбранный период определяется как:

$$W_{\text{выр.}} = W_{\text{пер.}} \cdot T \cdot n, \quad (2)$$

где $W_{\text{пер.}}$ – суточное значение выработанной энергии, МВт·ч/день.

Для определения количества потребляемой энергии северо-восточного региона с учетом работы солнечной электростанции необходимо найти разницу потребленной регионом и выработанной электростанцией электроэнергии:

$$W_{\text{СЭС}} = W_{\text{номр.}} - W_{\text{выр.}} \quad (3)$$

Таблица 1

Результаты анализа потребляемой энергии до и с использованием СЭС

Номинальная мощность СЭС, МВт	Период	Потребляемая энергия без применения СЭС, тыс. МВт·ч	Энергия, вырабатываемая СЭС, тыс. МВт·ч	Потребляемая энергия после внедрения СЭС, тыс. МВт·ч
25	Зима	192,42	2,957	189,463
	Весна		8,547	183,873
	Лето		11,61	180,81
	Осень		4,66	187,76

Произведенный расчет вырабатываемой энергии СЭС мощностью 25 МВт при условии ее установки в северо-восточном регионе республики Крым, показал, что электростанция позволяет компенсировать 27,774 тыс. МВт·ч электроэнергии, потребляемой полуостровом. Таким образом, внедрение солнечной электростанции, как концепции комбинированного электроснабжения Керченского полуострова, может позволить снизить расходы на покупку электроэнергии и уровень техногенной нагрузки на генерацию мощности с использованием углеводородов [8-9].

Уровень техногенной нагрузки применения солнечных электростанций целесообразно оценивать путем сравнения техногенной нагрузки на производство, эксплуатацию и утилизацию панелей с расчетными данными сокращения углеродного следа за счет применения альтернативной генерации мощности.

Согласно данным Глобальной инициативы по экономии топлива (ГИЭТ) [2] среднемировая углеродоемкость электроэнергии составляет (на 2018 г.) 479 г CO₂/кВт·ч. Следовательно, выработка солнечной электростанцией 27,774 тыс. МВт·ч в год (углеродоемкость 358 г CO₂/кВт·ч) позволит уменьшить выброс оксида углерода в атмосферный воздух на 9941,481 т в год.

Однако производство солнечных панелей является энергоемким процессом. Согласно международным исследованиям по расчету энергетической рентабельности [1,10] около 600 кВт·ч энергии используется для производства каждого квадратного метра солнечных панелей. Солнечная электростанция мощностью 25 МВт включает в себя около 100 000 м² солнечных панелей (из расчета в 250 Вт/м²). Таким образом, только производство панелей для рассчитываемой солнечной электростанции требуется единоразово затратить 600 тыс. МВт·ч. Таким образом, энергетическая рентабельность использования солнечных электростанций наступает спустя более 20 лет их работы, что граничит с средним сроком службы солнечных панелей, составляющим 25-30 лет. Добавляя энергетические затраты на транспортировку, установку, обслуживание и утилизацию панелей, техногенная нагрузка может даже превысить уровень снижения углеродоемкости энергии за счет их использования.

Кардинально может изменить ситуацию производство солнечных панелей с повышенным сроком службы. Так же, следует учесть, что данные исследования произведены для отдельного

региона Российской Федерации, но с использованием среднемировых данных углеродоёмкости. Таким образом становится ясно, что страны-производители альтернативных источников электроэнергии, в частности солнечных панелей испытывают техногенную нагрузку больше, чем страны потребители.

На территории Республики Крым отсутствуют производства солнечных панелей, а природные и климатические условия благоприятны для их использования. Таким образом, использование их с точки зрения пользы для экологического состояния и снижения выбросов CO₂ в рамках региона очевидно целесообразно, однако, что касается общемировой тенденции – остается под вопросом.

Республика Крым является одним из самых пригодных регионов для внедрения альтернативных источников электроэнергии с точки зрения рельефа, климатических условий и уровня потребления электроэнергии. Проведенные исследования показывают, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети Республики существенно снижается уровень углеродоёмкости энергетики региона, однако на общемировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Behind the Rise of U.S. Solar Power, a Mountain of Chinese Coal (Reliance on coal-fired electricity to produce solar panels raises concerns in the West) By Matthew Dalton [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wsj.com/articles/behind-the-rise-of-u-s-solar-power-a-mountain-of-chinese-coal-11627734770>. (дата обращения 16.10.2023).

2. GFEI Working Paper, 2021 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.globalfueleconomy.org/data-and-research/publications/gfeiworking-paper-22>. (дата обращения 16.10.2023).

3. Ассоциация предприятий солнечной энергетики [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pvrussia.ru/> (дата обращения 16.10.2023).

4. Вынгра, А. Н. Определение проблем устойчивого развития прибрежных территорий Республики Крым / А. Н. Вынгра // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 34-42. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.003.

5. Кваско, М. А. Состояние и оценка перспективного развития городских агломераций в Российской Федерации / М. А. Кваско // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 156-164. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.015.

6. Лосев, А. С. Прогнозирование солнечной радиации и импутация данных для цифрового двойника солнечной электростанции / А. С. Лосев, А. Г. Массель // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 1(25). – С. 91-101.

7. Овчаров, М. О. Классификация солнечных электростанций по установленной мощности солнечных модулей / М. О. Овчаров, В. И. Шашко // Интеллектуальная энергетика: Сборник научных статей кафедры "Электроснабжение промышленных предприятий" АлтГТУ им. И.И. Ползунова / Сост. С.О. Хомутов, В.И. Шашко. – Барнаул: Общество с ограниченной ответственностью "межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов", 2021. – С. 245-253.

8. Опыт внедрения моделей краткосрочного прогнозирования выработки солнечных электростанций / С. А. Ерошенко, Е. С. Кочнева, П. А. Крючков, А. И. Хальясмаа // Энергоэксперт. – 2018. – № 2(66). – С. 64-68.

9. Повышение эффективности работы солнечных и ветровых электростанций за счет применения накопителей энергии / В. В. Кувшинов, Е. Г. Какушина, Н. А. Власов [и др.] // Энергетические установки и технологии. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 90-95.

10. Солнце 24x7: Расчет EROEI [электронный ресурс]. – Режим доступа <https://habr.com/ru/articles/421329/> (дата обращения 16.10.2023).

11. Статистический метод оценки первоначальных инвестиций при выборе солнечных PV-панелей для солнечной электростанции / Р. Д. Мингалеева, В. В. Бессель, А. В. Топилин, В. С. Зайцев // Территория Нефтегаз. – 2014. – № 12. – С. 138-144.

12. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mvd.consultant.ru/> (дата обращения 16.10.2023).

RESEARCH OF ECOLOGICAL ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Vyngra A.N., Vyngra A.V.

Currently, within the framework of environmental development, widespread attention is paid to the issues of efficiency and profitability of using alternative sources of electricity. The work carried out a study of the environmental and economic efficiency of introducing solar power plants on the territory of the Republic of Crimea. An extensive literary analysis of the research problems was carried out. The climatic characteristics of the area are considered for suitability for the implementation of power plants. Based on the calculated energy characteristics of the power generation of a solar power plant, a study was made of the possibilities of reducing the carbon intensity of regional energy. Aspects of the technogenic load on the ecosystem due to the production, operation and disposal of solar panels are analyzed based on their design power of the power plant. It was concluded that as part of the introduction of solar power plants into regional networks, the level of carbon intensity of the region's energy sector is reduced, but the impact on the global level is questionable due to the high energy intensity of equipment production.

Keywords: solar power plant, energy profitability, alternative sources of electricity, technogenic load, carbon intensity.

Сведения об авторах:

Вынгра Анна Николаевна

Ассистент кафедры экологии моря,

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

E-mail: maszosanny@mail.ru

Вынгра Алексей Викторович

Старший преподаватель кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства,

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

E-mail: elag1995@gmail.com

УДК 504.06

ОЦЕНКА ОБУСТРОЙСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «БОЛЬШАЯ СОСНОВАЯ»

Немчанинова Екатерина Александровна,
Портнягина Алёна Михайловна,
Тренина Вера Сергеевна,
Черезова Анастасия Константиновна

В статье приведена оценка обустройства экологической тропы «Большой Сосновой». Построены картографические материалы по текущему обустройству экотропы, а также рекомендуемого благоустройства. В ходе полевого обследования выявлено значительное число сильных сторон экологической тропы, а также недостатки и рекомендации по их исправлению.

Ключевые слова: обустройство экологической тропы, Большая Сосновая, экологическая тропа, Закамский бор, кафедра биогеоценологии и охраны природы.

Особенностью Перми является относительно низкий процент общедоступных зеленых зон, таких как скверы, парки и сады, где жители города и посетители могут провести время в природной среде. Вместо этого можно найти обширные лесные массивы, окружающие город. Они служат своеобразной заменой зеленым зонам. Большинство таких мест имеют статус особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [8].

В последнее время в городских лесах утвердилась практика создания экологических троп, что помогает не только развивать возможности для отдыха, но и ограничивать негативное воздействие человека на природные компоненты и экосистемы. В Перми, на 2022 год, действует три десятка экологических троп, в том числе на 9 ООПТ [4,8].

Процесс организации природных территорий в мире и в России проходил довольно хаотично. Это приводило к ошибкам при создании экологических троп, которые могли негативно сказаться на природной среде и снизить потенциал для отдыха на самих тропах. Значимой причиной такой ситуации является недостаток научно-методической литературы, которая собирала бы опыт создания экологических троп и маршрутов [10]. В свете этих обстоятельств становится очень важной комплексная оценка экологических троп и улучшение их организации.

В настоящее время теме экологических троп уделяется повышенное внимание, но несмотря на это, вопросы наиболее благоприятного месторасположения, грамотного обустройства, качественного содержания остаются мало изученными.

С 2021 года кафедра биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ занимается оценкой обустройства экологических троп в городе Перми. Благодаря этой работе информация постепенно обновляется и систематизируется, однако эта работа еще далека от завершения.

В рамках групповой проектной работы студентами кафедры проводилась оценка обустройства экологической тропы «Большая сосновая». Её выбор обусловлен тем, что тропа считается одной из самых живописных в Перми. Это связано с тем, что она проходит на территории реликтового соснового бора Кунгурской островной лесостепи (Белковская Т.П. и др., 1994) и является местом обитания редких и исчезающих видов, включенных в Красную книгу Пермского края [2].

Экологическая тропа «Большая сосновая» имеет круговую конфигурацию. По назначению экотропа относится к познавательно-прогулочному типу. Протяженность маршрута – 5,37 км. Средняя продолжительность прохождения маршрута составляет 2,0 - 2,5 часа. Добраться до начала экологической тропы можно на общественном транспорте: автобусные маршруты

№№ 53,49. Расстояние от автобусной остановки «Верхнекурьянское кладбище» до начала экологической тропы – 1,8 км [3].



Рисунок 1. Входная группа экологической тропы «Большая сосновая»

На старте маршрута посетители ознакомятся с названием экотропы, природными особенностями ООПТ «Большая сосновая», а также узнают расположение ключевых элементов обустройства (рис.1).

Предварительное ознакомление с ООПТ и экологической тропой проведено по материалам некоторых интернет-публикаций: <http://www.prirodaperm.ru/karty-shemy/>.

Фактическим материалом для оценки обустройства послужило полевое обследование экологической тропы «Большая сосновая». Обследование проведено 11.11.2022 г. группой из 4 студентов ПГНИУ. Общая продолжительность полевого обследования – более 2 часов. Общая длина пройденного пути – около 5,37 км. Сделано 50 фотографий (рис. 2).



Рисунок 2. Указатель на экологической тропе «Большая сосновая»

Методика проведения оценки экологических троп основывается на представлении о практике создания экологических и рекреационных экотроп, а также экологическом туризме [4,10,11].

В соответствии с рекомендациями был использован комплекс параметров для оценки экологического потенциала троп. Эти параметры можно разделить на несколько групп: А) оценка объектов информационного обустройства (входная группа, правила поведения, меры безопасности, информационные стенды, аншлаги, другие информационные знаки и символы, общие параметры для всего комплекса информационного обустройства); Б) оценка материально-технического обустройства (обзорные, видовые точки, зона отдыха, дорожное полотно); В) общие параметры всего комплекса обустройства; Г) Общие параметры экологической тропы [4,7,9,10,11].

Для фотофиксации наблюдений использованы камеры мобильных телефонов. Для пространственной привязки маршрута и точечных объектов программа Guru Maps – Offline Maps & Navigation (<https://gurumaps.app/>). Дальнейшая обработка пространственных данных проведена в ArcGIS (ESRI). Соответствие режима особой охраны ООПТ и правил поведения (включая меры безопасности), установленные на экологической тропе, проведено путем сравнения последних с текстом положения об ООПТ «Большая сосновая» [6].

При проведении полевого обследования группа поделена на 4 подгруппы, отвечавшие за выполнение задач:

- Заполнение, обработка, анализ учетных форм оценки;

- Анализ соответствия режима особой охраны ООПТ правилам, ограничениям, установленным на экологической тропе;
- Пространственная фиксация и анализ полевых наблюдений (рис. 3);
- Фотофиксация при полевом обследовании.



Рисунок 3. Текущее состояние экологической тропы «Большая сосновая»

По абсолютному большинству параметров экологическая тропа соответствует теоретическим представлениям о создании экотроп. Нами выделены сильные стороны обустройства тропы и недостатки, по которым даны рекомендации для оптимизации обустройства тропы, содержанию и оформлению информационных стендов (табл 1).

Таблица 1

Выявленные недостатки и рекомендации по их исправлению для обустройства экологической тропы «Большая сосновая»

№ п/п	Выявленный недостаток	Рекомендации
1.	Несоответствие названия на входной группе и указателях на экотропе (рис. 1,2);	Привести к единообразию информацию на аншлагах и указателях, что поможет созданию целостности всей экологической тропы.
2.	Недостаточность указателей на расстоянии всей экотропы. При прохождении маршрута не хватает указателей, поэтому на тропе можно легко потеряться, либо запутаться и уйти на территорию «Закамского бора»;	Необходимо установить дополнительные указатели на маршруте, обратив внимание на оформление указателей. Их стоит сделать более заметными на фоне окружающей обстановки (рис 4).
3.	Плохая транспортная доступность. Добраться до начала экологической тропы можно на общественном транспорте: автобусные маршруты № 53,49. Расстояние от автобусной остановки «Верхнекурьянское кладбище» до начала экологической тропы – 1,8 км.	Стоит продумать указатели особенно вблизи автобусной остановки. Это поможет легче добраться до самой экотропы (рис 4).
4.	Отсутствие телефонов экстренных служб. На тропе есть большая вероятность заблудиться. В данной ситуации человек может	Необходимо разместить телефоны экстренных служб на стендах на протяжении экотропы.

№ п/п	Выявленный недостаток	Рекомендации
	запаниковать и забыть все номера экстренных служб;	
5.	Отсутствие сведений о сезонных активностях и возможных опасностях при этих активностях. Например, в зимнее время года на уклонах может быть гололед. На наш взгляд, посетителей экотропы стоит предупреждать о вероятности затрудненного прохождения тропы;	Стоит указать возможные варианты сезонной активности, которая реально здесь существует, маршруты для них, возможные опасности в разное время года, а также предупредить какого вида активного времяпрепровождения лучше избежать на этой экотропе.
6.	Недостаток зон отдыха. Обе зоны сосредоточены в одном месте – в начале тропы;	Следует добавить еще хотя бы одну зону отдыха в дальней ее части (рис 4).

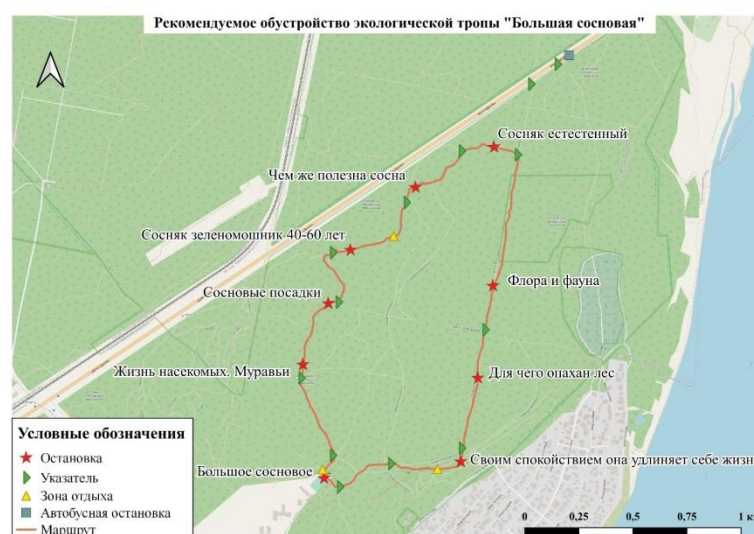


Рисунок 4. Рекомендуемое обустройство экологической тропы «Большая сосновая»

Выявлено значительное число сильных сторон экологической тропы и системы её обустройства:

1. Удачный выбор места для расположения тропы. Сосновые боры очень полезны для здоровья.
2. Хороший мягкий грунт тропы отлично подойдет для бега, а также для скандинавской ходьбы.
3. Наличие аншлагов с информацией и их единый стиль оформления.
4. Экологическая тропа имеет гармоничное обустройство с природным окружением.

Наиболее очевидной перспективой дальнейшей работы считаем завершение работ по комплексной оценке обустройства всех экологических троп города.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 516 с.
2. Белковская Т.П., Шарафутдинова А.Г., Гафиева Л.Ф. Состояние флоры и растительности памятника природы "Закамский бор" (по результатам инвентаризации 1991-1992 гг.) *Вопр. физ. геогр. и геоэкол.* Перм. гос. ун-т. Пермь. 1994, С. 66-80.
3. Большая Сосновая – экологическая тропа в Верхней Курье <https://pamaday.ru/zelenaya-zona/bolshaya-sosnovaya.html>

4. Буторина Н.Н., Лешина Е.В., Малиновская Я.В. Тропа в гармонии с природой. Дальневосточный опыт. М.: Издательство «Перо», 2019. 129 с.
5. Карты/схемы экологических троп города Перми // Управление по экологии и природопользованию г. Перми. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.priodaperm.ru/karty-shemy/> (Дата обращения: 01.12.2022).
6. ООПТ России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/> (Дата обращения: 10.11.2022).
7. Осипов С.В. Шкалы уклонов земной поверхности и способы их разработки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 3. С. 45-50.
8. Природа города Перми [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.priodaperm.ru/tropy/2015/06/18/2352> (Дата обращения: 13.12.2022).
9. Сколько слов в минуту читает взрослый человек? // Нормативы ГТО и знаний. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gto-normativy.ru/skolko-slov-v-minutu-chitaet-vzroslyj-chelovek/> (Дата обращения: 01.12.2022).
10. Тропа в гармонии с природой. Сборник российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп. М.: «Р.Валент», 2007. 176 с.
11. Трапп С., Гросс М., Циммерман Р. Маршрутные тропы, стенды и знаки: соединяя людей и места., пер. с англ. М.: ЭПЦ «Заповедники». 1994. 107 с.

ASSESSMENT OF TOURISM POTENTIAL IN THE NORTH CAUCASUS

Nemchaninova E.A., Portnyagina A.M., Tronina V.S., Cherezova A.K.

The article provides an assessment of the arrangement of the ecological trail "Bolshaya Sosnovaya". Cartographic materials on the current arrangement of the ecotrope, as well as the recommended landscaping, have been built. The field survey revealed a significant number of strengths of the ecological trail, as well as shortcomings and recommendations for their correction.

Keywords: *arrangement of ecological trail, Bolshaya Sosnovaya, ecological trail, Zakamsky forest, Department of Biogeocenology and Nature Conservation.*

Сведения об авторах:

Немчанинова Екатерина Александровна

Лаборант, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

E-mail: nem4aninova.e@yandex.ru

Портнягина Алёна Михайловна

Магистрантка, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

E-mail: amp1999.10@mail.ru

Тронина Вера Сергеевна

Магистрантка, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

E-mail: vera_tronina@mail.ru

Черезова Анастасия Константиновна

Магистрантка, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

E-mail: r.anny654red@gmail.com

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук
Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
"Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство серия серия ПИ № ФС 77 – 31640 10.04.2008, **Адрес:** 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48
Тел. +7 951 528 22 82 **E-mail:** VAK-info@yandex.ru

Отпечатано в типографии ООО «Издательство «Манускрипт»
Подписано в печать 20.10.2023. Выход в свет 27.10. 2023г.
Тираж 200 экз. Заказ № 27–111/ РС–23. Цена свободная

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

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

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

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

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

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

Таким образом, файл должен содержать:

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

Основной текст рукописи экспериментальной статьи рекомендуется излагать в следующей последовательности:

– **введение** с четким и кратким изложением состояния рассматриваемого вопроса и анализом литературных данных, постановкой цели и задач данного исследования;

– **экспериментальная часть** (применяемые аппаратура, материалы, химические реактивы и методика проведения эксперимента в кратком изложении);

– **результаты** проведенных исследований и их обсуждение;

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

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

Контактные лица:

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

E-mail: VAK-info@yandex.ru