

Вестник¹⁶⁺

Башкирского государственного
педагогического университета
им. М. Акмуллы



Серия:
Естественные науки

4/2024

16 +

ВЕСТНИК



**БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. М. АКМУЛЛЫ**

Научно-практический журнал

Серия:

Естественные науки

№ 4/ 2024

Адрес редакции и учредителя:
450077, РБ, г. Уфа,
ул. Октябрьской революции, 3-а,
корп. 3.

Ответственный редактор:
Аманбаева З.С.

Тел.: 8 (347) 246-92-42

E-mail: vestnik.bspu@yandex.ru

© Редакция Вестника БГПУ
им. М. Акмуллы.

© Муратов И.М., обложка, 2024.

Издается с 2000 года.

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций. Рег. №: ПИ №ФС77-
87973 от 30 июля 2024 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Саттаров Венер Нуруллович** главный редактор, д-р биол. наук, профессор, и.о. зав. кафедрой экологии, географии и природопользования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Аюбов Ильгар Гаджи оглу** д-р хим. наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории «Циклоолефины» Института нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамадалиева Министерства науки и образования (г. Баку, Азербайджан).
- Воробьева Светлана Леонидовна** д-р с.-х. наук, проректор по образовательной деятельности и молодежной политике, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» (г. Ижевск, Россия).
- Джафаров Иса Ага оглу** канд. хим. наук, доцент кафедры «Аналитическая и органическая химия» Азербайджанского государственного педагогического университета (г. Баку, Азербайджан).
- Земскова Наталья Евгеньевна** д-р биол. наук, зав. кафедрой «Зоотехния» ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, Россия).
- Измаилов Рамиль Наильевич** канд. ф.-м. наук, доцент, зав. кафедрой физики и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Ильясов Рустем Абузарович** д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейробиологии развития ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН (г. Москва, Россия).
- Маликов Рамиль Фарукович** д-р ф.-м. наук, профессор, руководитель научно-исследовательской лаборатории «Системный анализ и математическое моделирование» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Мамедбейли Эльдар Гусейнгулу оглу** д-р хим. наук, профессор, зав. лаборатории «Изучение антимикробных реагентов и биоповреждений» Института нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамадалиева Министерства науки и образования (г. Баку, Азербайджан).

- Маннапов
Альфир
Габдуллович** д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева» (г. Москва, Россия).
- Морева
Лариса
Яковлевна** д-р биол. наук, профессор кафедры зоологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (г. Краснодар, Россия).
- Насретдинова
Римма
Наилевна** канд. хим. наук, доцент кафедры физической химии и химической экологии, зам. директора института химии и защиты в чрезвычайных ситуациях по учебной работе ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа, Россия).
- Седых
Татьяна
Александровна** д-р биол. наук, зав. кафедрой генетики и химии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Семенов
Владимир
Григорьевич** д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» (г. Чебоксары, Россия).
- Суханова
Наталья
Викторовна** д-р биол. наук, зав. кафедрой биоэкологии и биологического образования ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).
- Улугов
Одилджон
Пардаалиевич** канд. с.-х. наук, зав. кафедрой естествознания ОУ «Таджикский государственный финансово-экономический университет» (г. Душанбе, Таджикистан).
- Юлдашбаев
Юсупжан
Артыкович** д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева» (г. Москва, Россия).
- Юсупов
Азат
Равилевич** канд. ф.-м. наук, директор института физики, математики, цифровых и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы» (г. Уфа, Россия).

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Саттаров В.Н., Валиев Ю.Э., Баходуров Б.И., Ильясов Р.А., Газизова Н.Р.* 7
ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА И СИСТЕМЫ ОСОБО-ОХРАНЯЕМЫХ
ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТАДЖИКИСТАНА
- Ткачева Е.С., Егорушкова К.С., Хилажетдинова Л.Б., Муфазалова А.С., Псянчин Б.Т., Асманов И.Н., Банников М.А., Латыпова Э.Н., Суценко Р.З., Назаров Д.К., Гайсина Л.А.* 27
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ВОДОРОСЛЕЙ И
ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПРУДА В ДЕРЕВНЕ САЛИХОВО
ЧИШМИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
- Филиппов А.А., Ахмедьянова А.Н., Маматаева А.Р., Иванова А.Д., Зверькова С.С., Шайдурова К.А., Янькова В.П., Дылгырова И.В., Басхаева Т.Г., Суханова Н.В.* 40
ВИДОВОЙ СОСТАВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНОГО
СООБЩЕСТВА ГОРЯЧИНСКОГО ХРЕБТА (РЕСПУБЛИКИ
БУРЯТИЯ)
- Якупова А.Р., Каримова А.Х., Максютова А.И., Шарафутдинова Ю.Р., Иванова А.Д., Дылгырова И.В., Басхаева Т.Г., Суханова Н.В.* 58
ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВЫСШИХ
РАСТЕНИЙ БОЛОТ БАРГУЗИНСКОГО РАЙОНА
РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Агамалиева Д.Б., Бабаева В.Г.* 78
ЦИКЛОБУТАНКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ
АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ
- Бабаева В.Г.* 87
АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ
КИСЛОТ ЦИКЛОГЕКСАНОВОГО РЯДА
- Мамедбейли Э.Г., Бабаева В.Г.* 102
АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ
ЦИКЛОПРОПАНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Мамедов И.А., Джафарова Н.А. 118
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ
КАТАЛИЗАТОРОВ

Мустафаева А.Дж., Широнова Г.С. 128
ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ
ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ЭКОЛОГИЯ

Шугаипова Р.Р., Ушаридзе А.С. 139
ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В
ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Общие положения 146

Рекомендуемая структура публикаций 147

Требования к текстовой части статьи 155

Образцы оформления ссылок на литературу 156

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 502.131(575.2)

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-7-26

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И СИСТЕМЫ ОСОБО-ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТАДЖИКИСТАНА

*Венер Нуруллоевич Саттаров¹, Юсуфджон Эгамбердиевич
Валиев², Барзу Идибекович Баходуров³, Рустем Абузарович
Ильясов⁴, Наиля Рифовна Газизова⁵*

^{1,2,3} *Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

⁴ *Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва,
Россия*

⁵ *Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека, Уфа,
Россия*

^{1,2,3,5} *wener5791@yandex.ru*

⁴ *apismell@hotmail.com*

Аннотация. Высокие темпы развития общества и изменения внешних факторов способствуют появлению новых проблем и задач, требующих учитывать экологические факторы как системообразующую основу эффективного и устойчивого развития страны, а также остро стоит необходимость проведения исследований в области эффективности экологических технологий. Экспертом и ученым, известно, что ряд видов фауны особенно уязвимы к колебаниям климатических условий из-за их узкой специализации и специфических требований к месту их обитания. Они не могут адаптироваться к изменениям среды обитания так же легко, как виды с широкой экологической нишей. Изменение климата также влияет на кормовую базу животных. Сокращение популяций растительности ведет к уменьшению числа травоядных животных, что, в свою очередь, негативно сказывается на хищниках, т.е. сокращение количества растительного покрова напрямую влияет на весь экосистемный и ландшафтный комплекс региона. Также, известно, что за последнее столетие в стране исчезло приблизительно тысяча мелких ледников, которые формировали микроклиматические условия, а

также играли важную роль в поддержании количественного и качественного состава биоразнообразия. В целом, глобальные изменения климата, освоение новых земель, строительство и развитие инфраструктуры на территории Таджикистана, угрожают биоразнообразию. Целью работы был теоретический анализ развития экологических подходов в сельском хозяйстве и оценка некоторых особенностей видов фауны и флоры в Таджикистане. В процессе исследования были использованы теоретические подходы, такие как анализ, синтез, построение моделей, сравнение, обобщение, систематизация, уточнение и сопоставление. Методология экологического земледелия и земледелия, устойчивого развития АПК, и в частности сельского хозяйства представляет собой современный, новаторский подход к ведению отрасли, основанный на научно-обоснованном, эффективном и разумном управлении ресурсами Земли. Подобный подход позволяет удовлетворять потребности человеческого общества, сохраняя при этом природные составляющие и чистоту окружающей среды. В этой связи особое значение приобретает наличие научно обоснованного механизма аграрного землепользования и земледелия, учитывающее роль социальных, технологических, научных и финансовых аспектов. Этот механизм должен быть адаптирован к уникальным географическим, ландшафтным, природным, климатическим и институциональным условиям, в которых осуществляется деятельность по развитию отраслей АПК.

Ключевые слова: сельское хозяйство, экологические технологии, земледелие, агропромышленный комплекс, фауна, флора, биоразнообразие

Для цитирования: Саттаров В.Н., Валиев Ю.Э., Баходуров Б.И., Ильясов Р.А., Газизова Н.Р. Вопросы устойчивого развития сельского хозяйства и системы особо-охраняемых природных территорий Таджикистана // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2024. №4. С. 7-26.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

ISSUES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE AND THE SYSTEM OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS IN TAJIKISTAN

*Vener N. Sattarov¹, Yusufjon E. Valiev², Barzu I. Bakhodurov³,
Rustem A. Ilyasov⁴, Naila R. Gazizova⁵*

^{1,2,3}*Bashkir State Pedagogical University M. Akmullah, Ufa, Russia*

⁴*Institute of Developmental Biology named after N.K. Koltsov RAS, Moscow, Russia.*

⁴*Ufa Research Institute of Labor Medicine and Human Ecology, Ufa, Russia*

^{1,2,3,5}*wener5791@yandex.ru*

⁴*apismell@hotmail.com*

Abstract. High rates of development of society and changes in external factors contribute to the emergence of new problems and tasks that require taking into account environmental factors as a system-forming basis for effective and sustainable development of the country, as well as the urgent need for research in the field of the effectiveness of environmental technologies. As an expert and scientist, it is known that a number of fauna species are particularly vulnerable to fluctuations in climatic conditions due to their narrow specialization and specific requirements for their habitat. They cannot adapt to habitat changes as easily as species with a wide ecological niche. Climate change is also affecting the animal food supply. A decrease in vegetation populations leads to a decrease in the number of herbivorous animals, which, in turn, negatively affects predators, i.e. a decrease in the amount of vegetation directly affects the entire ecosystem and landscape complex of the region. It is also known that over the past half century, about a thousand small glaciers have disappeared in the country, which formed microclimatic conditions, and also played an important role in maintaining the quantitative and qualitative composition of biodiversity. In general, global climate change, the development of new lands, the construction and development of infrastructure in Tajikistan threaten biodiversity. The aim of the work was a theoretical analysis of the development of ecological approaches in agriculture and an assessment of some features of species of fauna and flora in Tajikistan. Theoretical approaches such as analysis, synthesis, model building, comparison, generalization, systematization, refinement and comparison were used in the research process. The methodology of ecological land management and agriculture, sustainable development of the agro-industrial complex, and in particular agriculture, is a modern, innovative approach to the management of the industry based on scientifically sound, effective and reasonable management of Land resources. This approach allows us to meet the needs of human society, while preserving the natural components and the purity of the environment. In this regard, the availability of a scientifically sound mechanism for agricultural land use and land management, taking into account the role of social, technological, scientific and financial aspects, is of particular importance. This mechanism should be adapted to the unique geographical, landscape, natural, climatic and institutional conditions in

which activities for the development of agricultural industries are carried out.

Keywords: agriculture, environmental technologies, land science, agro-industrial complex, fauna, flora, biodiversity

For citing: Sattarov V.N., Valiev Y.E., Bakhodurov B.I., Ilyasov R.A., Gazizova N.R. Issues of sustainable development of agriculture and the system of specially protected natural areas of Tajikistan // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. Series: Natural Sciences. 2024. No4. pp. 7-26.

Эффективное развитие национальной экономики, в т.ч. сельского хозяйства, консолидировано с научно-обоснованными методами и подходами использования природных ресурсов. Специфические практико-теоретические и научные подходы региональной экономики позволяют грамотно и эффективно подобрать, выбрать и развивать пути освоения природных ресурсов в области сельского хозяйства. В последнее десятилетие в сельском хозяйстве все большую актуальность приобретают принципы устойчивого развития на основе экологических технологий. Специалисты отмечают, что, с учетом современных реалий, Республика Таджикистан вступила в новую эру социально-экономического и сельскохозяйственного развития [1, 2, 3]. Следует отметить, что для эффективного использования земельных, водных ресурсов и защиты национальной безопасности страны в агропромышленном комплексе (АПК) реализованы масштабные реформы. Одним из важнейших достижений периода независимости стало возложение права пользования землей на землепользователей и землевладельцев. Эксперты отмечают, что новые стандарты и законы, принятые в отношении земельных структур, в условиях современных реалий, привели к возникновению в стране современного сельского хозяйства, а это в свою очередь способствовало увеличению валового производства. Данные реформы явились отправными точками для внедрения принципов устойчивого развития в сельском хозяйстве и позволили безболезненно сформировать современную структуру отношений в сельском хозяйстве страны. В тоже время, увеличение скорости развития общества и изменения внешних факторов способствуют появлению новых проблем и задач, требующих учитывать экологические факторы как системообразующую основу эффективного и устойчивого развития страны [4, 5, 6, 7]. Также, необходимо провести анализ состояния окружающей среды и тенденций её изменения в сфере сельскохозяйственного землепользования, а также оценить итоги и результаты земельной реформы в государстве. Это диктует необходимость исследования и улучшения экологических технологий.

Как и на всей территории Земного шара, в природных экосистемах Республики Таджикистан биоразнообразие фауны и флоры многие тысячелетия в процессе эволюции гармонично развивалось и сохранялось в комплексе с деятельностью человека, которая характеризовалась большей частью негативным влиянием. В тоже время, эволюционное развитие людей способствовало созданию ряда пород животных и сортов растений, с целью получения продуктов питания, лекарств и т.д. К большому сожалению, современные тенденции в развитии мира, способствующие росту числа людей, интенсификация всех отраслей агропромышленного комплекса (АПК), влекущая сокращение не освоенных природных территорий приводит к снижению биоразнообразия флоры и фауны. Эксперты, ученые и специалисты, работающие в области мониторинга климатических условий, отмечают, что климат на территории Центральной Азии, в том числе Таджикистана с каждым годом становится всё более сухим. Это, конечно же, создает определенные риски для фауны и флоры страны [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Специалисты отмечают, что климат на Земном шаре никогда не был одинаковым и постоянным, регулярно происходило похолодание или потепление, т.е. климатические условия были цикличны. Однако, в последние десятилетия, наблюдается резкое повышение температуры, что не позволяет растениям и животным пройти период адаптации к условиям окружающей среды. При этом, ученые констатируют факт того, что наиболее уязвимые виды не способны поддерживать эффективную численность популяций и в итоге погибают.

Экспертом и ученым, известно, что ряд видов фауны особенно уязвимы к колебаниям климатических условий из-за их узкой специализации и специфических требований к месту их обитания. Эти виды, называемые стенобионтами. Они не могут адаптироваться к изменениям среды обитания так же легко, как виды с широкой экологической нишей [17, 18]. Изменение климата также влияет на кормовую базу животных. Сокращение популяций растительности ведет к уменьшению числа травоядных животных, таких как сибирский козерог. В свою очередь, это негативно сказывается на хищниках, таких как снежный барс, для которого козерог является основной пищей, т.е. сокращение количества растительного покрова напрямую влияет на весь экосистемный и ландшафтный комплекс региона. За последнее столетия в стране исчезло приблизительно тысяча мелких ледников, которые формировали микроклиматические условия, а также играли важную роль в поддержании количественного и качественного состава биоразнообразия. В целом, глобальные изменения климата, освоение новых земель, строительство и развитие инфраструктуры на территории Таджикистана, угрожают биоразнообразию.

Цель работы: теоретический анализ развития экологических подходов в сельском хозяйстве и оценка некоторых особенностей видов фауны и флоры в Таджикистане.

Материал и методы исследований

В процессе исследования были использованы теоретические подходы, такие как анализ, синтез, построение моделей, сравнение, обобщение, систематизация, уточнение и сопоставление. Исследования проведены согласно схеме (рис. 1).

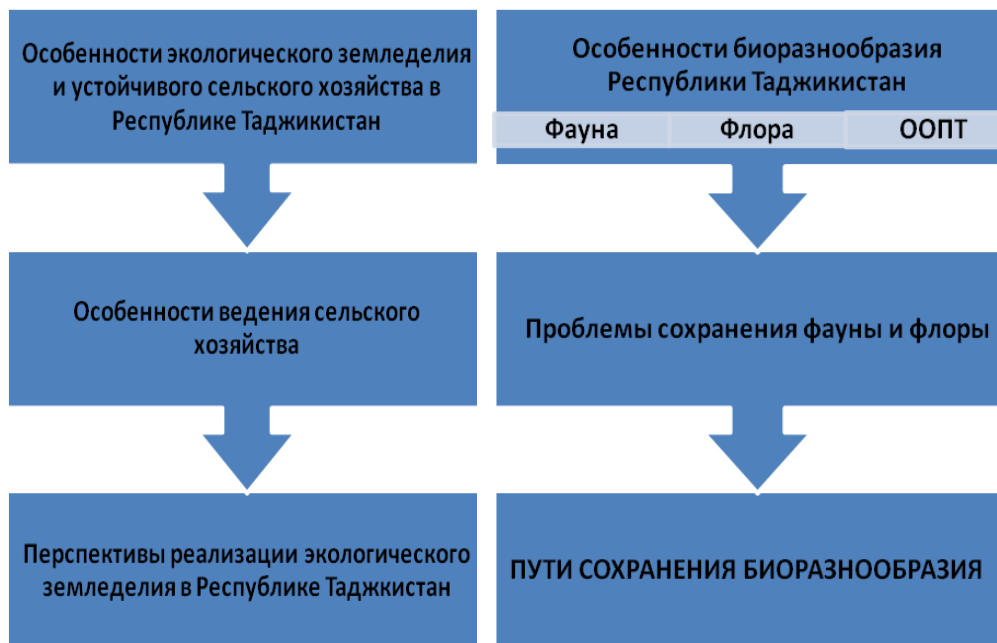


Рис. 1. Схема исследования

Краткая физико-географическая характеристика Республики Таджикистан

Почвенные и земельные ресурсы характеризуются тем, что они имеют относительно сложное строение, включающее мозаичное строение со складчатыми и глыбовыми особенностями (рис. 2). Территория изучаемого региона располагается на стыке Средиземноморской и Урало-Монгольской зон, которым характерно специфические сложные почвенные и земельные ресурсы с многообразием запасов полезных ископаемых, добываемых на данном участке земли. В целом, Таджикистану характерен резко континентальный климат. На ее территории наблюдаются резкие перепады температур между равнинами и горами. Разнообразие климатических условий охватывает субтропический, умеренно-теплый

и холодный климат. Континентальный и океанический климат, идущий с западных частей, образует относительно устойчивые зимние погоды.

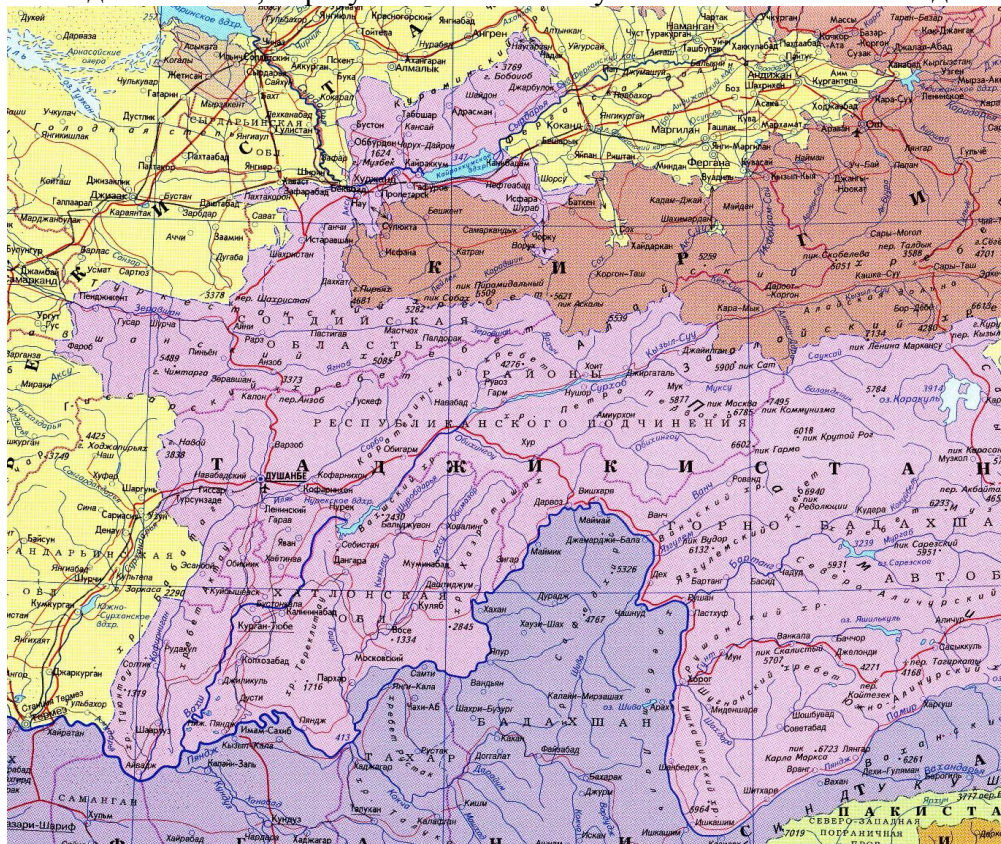


Рис. 2. Карта Республики Таджикистан

В весенний и зимний периоды образуются циклоны, снегопады и дожди. Летом из пустынных территорий приходит сухой и жаркий воздух, формирующий погоду, характерную для тропических зон. Горная система Таджикистана образует барьер для прохождения холодного воздуха. В юго-западной части страны практически не бывает снега и зимы - средняя температура обычно выше нуля, соответственно. На равнинных территориях северной, южной и западной частях температурный режим, в летнее время держится около $+20 - 30^{\circ}\text{C}$. С природно-географической точки зрения, территория подразделяется на ряд частей – северная, юго-западная, центральная часть Таджикистана, западная и восточная части Памира. Каждая из них имеет специфические климатические условия, рельефы, геологическое строение, фауну и флору [17, 18].

Результаты и их обсуждение

Сущность экологического механизма, основанная на экономической технологии, в системе аграрного землепользования Республики Таджикистан

В современном мире, где происходят глобальные социальные, научно-технические, экономические и другие изменения, вопросы эффективности сельского хозяйства, да и в целом агропромышленного комплекса становятся все более важными, актуальными и значимыми для людей. Они тесно связаны с теми задачами, которые ставятся перед человечеством, под которыми подразумеваются, прежде всего, повышение качества уровня жизни, улучшение благосостояния и доступность «чистых» продуктов питания. Однако одновременно с этим необходимо решать проблемы, связанные с поддержанием экологического баланса в природе, соответственно.

Эксперты, специалисты и учёные отмечают, что одним из способов решения перечисленных задач является концепция экологического земледелия и земледования. Они основаны на принципах сельскохозяйственного производства, которые учитывают экологические аспекты и придерживаются принципа «чистоты» продукции. Применение принципов и методов экологического земледелия позволяет избежать неэффективного использования технологий в аграрном секторе, а также неправильного использования плодородного слоя почвы. В результате сокращаются расходы на удобрения, пестициды и гербициды и другие издержки производства.

«Экологическое земледелие» описывает подход к производству в АПК, который основан на методологии сохранения ландшафтов и экосистем, в целом, что позволяет минимизировать негативное влияние человека на плодородный слой почвы и природу, а также является важным инструментом для обеспечения устойчивости экосистем и ландшафтов всех уровней. Такой подход к ведению отраслей сельского хозяйства основан на методологии функционирования ландшафтов, природных и антропогенных экосистем и устойчивости. Он помогает предотвратить необратимое разрушение почв и сохраняет природу и составляющие ее структуры и элементы [1, 2, 3, 4, 5, 8].

Научно-обоснованное ведение земледелия представляет собой метод производства продукции АПК. Это наиболее безопасный и «чистый» способ использования природных ресурсов, который позволяет преобразовывать их в продукцию АПК без вреда для природы и человека, соответственно. Данная методология представляет собой современные, научно-обоснованные и правильный подход управления ресурсами, позволяющий удовлетворять потребности общества, сохраняя природу. Понятия «устойчивости АПК» и «экоземледелие» взаимосвязаны и взаимозаменяемы. Устойчивое развитие АПК представляет собой экологичный

(«чистый») подход к ведению отраслей, направленный на минимизацию ущерба, наносимого человеком природе. В рамках этого подхода применяются такие методы, как «зелёное производство» и экологическое сельское хозяйство.

Поскольку земельные ресурсы являются одним из ключевых факторов не только в сельском хозяйстве, но и в мировой экономике, необходимо учитывать природно-обусловленные ограничения и соблюдать стандарты экологической реабилитации почвенного плодородия. В связи с этим существуют основные принципы устойчивого землепользования или землеведения, которые включают в себя:

- ✓ предотвращение процессов опустынивания и деградации почвенных покровов, с учетом оптимизации структуры фондов земель;
- ✓ проведение мероприятий по защите плодородного слоя от загрязнения и уничтожения;
- ✓ постепенная ликвидация негативных последствий влияния человека;
- ✓ восстановление научно-обоснованного ведения животноводческой отрасли;
- ✓ «Зеленая или чистая технология» как основа ведения сельского хозяйства и АПК;
- ✓ проведение работ по сохранению и воспроизводству плодородного слоя;
- ✓ развитие сети инфраструктур в сельской местности с учетом требований «зеленых или чистых технологий» [1, 2, 3, 4, 5, 8].

В современном мире всё чаще можно услышать о таком понятии, как «рациональное или правильное землепользование и землеведение», под которым подразумевается разумное сочетание производственной и градостроительной деятельности с необходимостью сохранения природы, а также эффективное и научно-обоснованное использование земельных ресурсов. Эксперты, учёные, специалисты и профессионалы утверждают, что для достижения положительного эффекта и положительных результатов в землеведении необходимо максимально учитывать экономические, научные и экологические аспекты. Это позволит улучшить состояние плодородного слоя почвы и экологическую обстановку в целом. Некоторые понимают под рациональным землепользованием эксплуатацию, которая соответствует законодательству и является социально и экономически эффективной. Методология и методы научно-обоснованного землепользования и землеведения представляют собой экологичный, т.е «чистый» и экономичный механизм аграрного землепользования и землеведения.

Во многих странах со сложными условиями аграрной деятельности применение научно-обоснованных и грамотных

принципов работы в АПК зависит от ряда факторов: природно-климатических, антропогенных, географических. Сюда также можно отнести умения и навыки ведения АПК методами, институциональных условий сельскохозяйственного производства, механизма и порядка принятия решений о ведении экологического землепользования участниками АПК, порядка реализации методологии принципов этологии и других факторов [8].

Примерно с конца XX века большинство развитых и развивающихся стран столкнулись с проблемой деградации почвенных покровов. В современном мире большую популярность приобретает «Концепция нулевой деградации земель», которую ставят в виде задачи для реализации на государственном уровне. В этой связи, к одним из задач аграрного природопользования относится устойчивое эколого-экономическое развитие. При этом, к основным изысканиям в данной области относится - разработка методов рационального использования ресурсов для обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства и других отраслей современного АПК [8].

Стоит отметить, что в условиях Таджикистана для сохранения плодородного слоя необходимы специальные методы, т.к. они отличаются высокой волатильностью. Территория страны небольшая по площади и она является горной страной – 93% общей площади. Остальные территории занимают лишь 7%, соответственно. Основная часть почвенных покровов в горных территориях расположена на склонах и характеризуется способностью быстро смываться. В настоящее время, доминантная часть этих территорий оголенные, плодородный слой почв отсутствует, и горные почвы являются слабоустойчивыми. По мере перехода от территорий низкогорья к среднегорью и высокогорью, толщина плодородного слоя уменьшается и усиливается деградация [15, 16].

Известно, что на реализацию экологического земледелия и земледения непосредственно влияет готовность самих профессионалов-фермеров (специалистов) внедрять ее методологию. На их экологическое поведение влияют различные факторы: уровень образования, доход от ведения хозяйства, миграционные процессы, затрагивающие трудовые ресурсы, и доступность государственных субсидий. Как правило, они готовы к использованию методов экологического земледелия или земледения, однако на практике их реализация или внедрение встречается редко [15, 16]. Такая ситуация объясняется тем, что принятие решений о внедрении экологического земледелия или земледения в значительной степени зависит от психологической готовности или восприятия. Она, в свою очередь, определяется энтузиазмом специалистов и реальной ситуацией на местах.

По степени готовности фермеры подразделяются на две категории – не проявляющие желаний переходить к данному виду земледелия или землеведения и готовые реализовывать принципы экологического земледелия или землеведения. На принятие положительных решений влияет такие факторы, как: фрагментация обрабатываемых угодий и обеспеченность рабочей силой. В Таджикистане фермеры играют важнейшую роль в производстве продукции аграрного сектора. От их решений зависит, насколько эффективно используются обрабатываемые земли, а также будущее современного сельского хозяйства страны. Для устойчивого развития аграрного сектора необходимо применять научно-обоснованный подход к землеведению и землепользованию, которые учитывают уникальные географические, природно-климатические и институциональные особенности тех или иных регионов. Основная цель экологического земледелия – предотвратить необратимые изменения в системе обрабатываемых земель и защитить природу и людей, соответственно. Для этого используется принцип и методология, сохраняющая эволюционно созданный почвенный покров, соответственно [8].

«Зеленые или «чистые» технологии» охватывают работы по посадке растений, которые затем заделываются в плодородный слой почвы для улучшения её структуры и обогащения азотом. Это помогает контролировать рост сорняков, а в некоторых случаях и полностью предотвращать, а также способствует формированию и поддержанию биоразнообразия в экосистемах и ландшафтах полей.

Важной частью этих мероприятий является проведение научно обоснованной оценки потенциала и возможностей развития природных и антропогенных ландшафтов и экосистем различного уровня. Она способствует правильному развитию региональных культурных и природных ландшафтов, а также влияет на территориальную и отраслевые структуры и рентабельность развития самого АПК. Оптимизация методологии научно-обоснованного применения ресурсов в АПК поможет спасти природу, составляющие ее ресурсы и человечество в целом, соответственно.

Однако следует помнить, что земельные или почвенные ресурсы в некоторой степени ограничены и не могут быть перемещенными на другие территории или земельные участки, а также восстановленными в короткое время. Это подчеркивает необходимость и создает предпосылки для разработки подходов и инструментария, а также создания системы эколого-экономического регулирования землепользования и землеведения. Подобное должно охватывать и включать в себя научно-методические принципы и инструменты проведения природоохранной, социальной и земельной политики, а также социальные, экономические и правовые инструменты

регулирования земледения и пользования земельными ресурсами, что, в свою очередь, конечно же, позволит эффективно и плодотворно решать экологические проблемы и повышать производительность и эффективность земельных ресурсов. Также все эти мероприятия позволят сохранить природные ландшафты и экосистемы в стране.

Эффективная система эколого-экономического регулирования землепользования должна обеспечивать правильное и перспективное развитие регионов с учетом человеческих и других жизнеобеспечивающих факторов, соответственно. Важно учитывать интересы всех сторон и предоставлять дополнительные гарантии субъектам, связанным с инвестиционными решениями. Опыт многих стран показывает, что ключевую или решающую роль в решении проблем землепользования, конечно же, выполняет или играет государство. Органы государственного регулирования и управления определяют методологию эффективного использования земли в различных отраслях национальной экономики.

При выделении земельных площадей (участков или территорий) для освоения и дальнейшего грамотного и эффективного использования необходимо учитывать межотраслевые пропорции и их консолидацию в том или ином направлении. В регионах, где лесные массивы занимают доминирующее положение, действуют определенные правила разграничения лесных и сельскохозяйственных ландшафтов. В странах и государствах с преобладанием горных территорий (Таджикистан) действуют законодательства и нормативы, регулирующие механизмы по включению в оборот новых площадей (территорий или участков) для проведения сельскохозяйственных работ. Это связано с тем, что на горных участках сложно проводить какую либо сельскохозяйственную обработку почвенных покровов из-за крутых склонов и отсутствия плодородного слоя. В этом контексте необходимо учитывать особенности межотраслевого баланса распределения земельных участков и территорий для соответствующих целей.

Зиёев Б.С. в одном из своих работ представил структуру эффективной системы эколого-экономического регулирования землепользования, которая отвечает реалиям современной экономики. Она включает четыре внутренних механизма повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель: институциональный, правовой, финансово-экономический и социально-политический. Экологические задачи интегрированы в каждый из них [1, 2, 3, 7, 8]. Правовая основа, регулирующая земельные отношения, является краеугольным камнем системы рационального использования земельных ресурсов. Однако на практике многие проблемы связаны с пренебрежением экологическими методами землепользования и несовершенством экологических и

экономических отношений. Конечно, необходимо помнить об ограниченности земельных ресурсов. На Земном шаре в последние годы наблюдается нехватка пригодных для непосредственной обработки земель. При этом, в тех регионах или странах, где наблюдается относительный достаток земельных ресурсов, фиксируется нехватка трудовых ресурсов для работы на земле. В этой связи, специалисты и учёные разработали концепцию экологического земледелия и устойчивого сельского хозяйства, в которую входят методы, направленные на предотвращение деградации земель. Внедрение принципов экологического земледелия в практику имеет огромное значение для сохранения почв, обеспечения стабильного развития сельского хозяйства и повышения продовольственной безопасности страны.

Флористические особенности Таджикистана

Относительно мирового разнообразия растений здесь произрастает около 2% видов: примерно 1 тыс. представителей диких растений, более 1 тыс. – это аборигенные представители и более 200 редких видов. Также, встречаются около 300 растений, которые используются в качестве корма для животных и более 50 видов диких плодовых древесных растений. Основные типы лесов в Таджикистане – это арчовники, широколиственные, мелколиственные, пойменные леса и ксерофитные редколесья. Несмотря на то, что Республика является горным регионом, на её территории можно встретить небольшие участки болот, которые используются как пастбища и сенокосы, с продуктивностью до 200 центнеров на гектар, соответственно. Специалисты отмечают, что, несмотря на высокую численность растительности, болота не вполне изучены и в данной области много дискуссионных моментов и не решенных задач по их сохранению. Основными направлениями в изучении состояния флоры остаются: инвентаризация ресурсов лесных ландшафтов и экосистем на основе научно-обоснованной методологии; исследования пастбищных ландшафтов и оценка состояния ценных видов флоры [13, 19, 20].

Фаунистические особенности Таджикистана

Разнообразие природы, флористическое биоразнообразие, наличие горной рельефной системы, способствовали формированию уникальной фауны региона. Здесь встречается более 80 млекопитающих, около 400 птиц, 2 вида земноводных, около 50 пресмыкающихся, чуть более 40 рыб и более 13 тыс. беспозвоночных представителей животного мира. Необходимо отметить, что к одной из особенностей фауны Таджикистана относится обитание многочисленных аборигенных видов [13, 19, 20].

Таксономическая группа млекопитающих охватывает представителей 6 отрядов. Среди них много видов, которые находятся на грани вымирания или их популяции практически полностью

исчезли, например: *Otis tarda* и *Gazella subgutturosa*. Негативное влияние человеческого общества привело к тому, что количественный и качественный состав орнитофауны в регионе сокращается. То же самое, что происходит с численностью птиц, наблюдается и у млекопитающих, многие из которых занесены в Красные книги Таджикистана и МСОП [13, 19, 20].

Орнитофауны региона многочисленна по своему видовому разнообразию. Она охватывает около 350 видов - перелетных встречается более 100 видов, гнездящихся около 150, оседлых и зимующих птиц более 80, залетных более 20 видов. Из всех представителей данной таксономической группы 10%, т.е. 37 птиц находятся под угрозой исчезновения или считаются редкими, включая дроф и соколиных. Основной причиной их сокращения является нарушение природной структурированности ландшафтов и прямое их уничтожение путем охоты. Отрицательное изменение состояний водоемов способствует постепенному сокращению популяций земноводных. Встречающиеся эндемичные виды также находятся под негативным воздействием человека, которое большей частью способствует их исчезновению [13, 19, 20].

Особо-охраняемые природные территории (ООПТ) Таджикистана

Невзирая на все меры, предпринимаемые и реализуемые обществом для охраны природы в данном регионе, многие представители растительного и животного мира подвергаются риску сокращения или полного уничтожения. Всем известная, система особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Таджикистане была учреждена относительно недавно - в 1938 г. С тех пор в стране была сформирована обширная и эффективно работающая сеть подобных природных зон, занимающая более 20 % площади. Сюда относятся четыре заповедника площадью более 170 тыс. га, 12 заказников – более 300 тыс. га, а также один национальный и один историко-природный парк, занимающие в общей сложности 2 603 000 гектаров. Здесь охраняются более 12 тыс. представителей флоры, 10 тысяч беспозвоночных, более 80 видов млекопитающих, более 340 птиц, 44 вида пресмыкающихся и около 50 рыб.

По мнению экспертов, система защиты природы сталкивается с рядом вызовов и проблем, требующих незамедлительного решения:

❖ Во-первых, существует недостаток сохранившихся разнообразных видов резерватов, способных охватить все многообразие ландшафтов страны.

❖ Во-вторых, большинство заповедных территорий имеют слишком малую площадь, что затрудняет эффективное выполнение ими своих функций по защите живых организмов, ландшафтов и экосистем.

❖ В-третьих, в большинстве резерватов отсутствуют надлежащие документы по землеустройству, а также не обеспечивается должный уровень научно-практического подхода в системе охраны природы, соответственно.

Создание заповедных территорий должно быть обосновано с финансовой или экономической точки зрения, учитывая их значимость для природы и человечества, соответственно. Эти территории играют ключевую роль в качестве рекреационных зон, мест обитания представителей растительного и животного мира, а также способствуют поддержанию экологического баланса, сформированной в процессе эволюции окружающей среды и всего живого на Земном шаре. В области охраны природы сложилась непростая ситуация. Региональные власти и проводимые законодательства всё чаще стремятся активно использовать биоресурсы, что приводит к самовольному захвату земель и коммерческому использованию редких или исчезающих видов растений и животных. В рамках инициативы «ЭКОНЕТ», нацеленной на создание и функционирование экологической сети, включающей в себя охраняемые природные объекты и экологические коридоры, обеспечивающие экологическую связность обширных регионов, была разработана концепция оптимальной системы охраняемых природных ландшафтов и территорий Таджикистана. Однако для её реализации требуется абсолютно новая и перспективная методология, учитывающая региональные особенности [13].

Экологическая сеть ЭКОНЕТ

Рассматриваемая система представляет собой некий инновационный подход в области сохранения биологического разнообразия, основанный на выявлении и сохранении ландшафтов и экосистем с высокой концентрацией живых организмов. Решение данных вопросов предусматривает методы наложения географических карт ареалов различных видов, а это в свою очередь, позволяет оценить и идентифицировать участки с максимальным видовым разнообразием. Идентифицированные и выявленные территории с высокой концентрацией представителей растительного и животного мира играют основополагающую и значимую роль в сохранении биоразнообразия. Анализ показал, что долины рек являются важными элементами экологического баланса, поскольку они служат естественными «экокоридорами», где происходит миграция доминирующего числа животных. Идентифицированные локалитеты высокого биоразнообразия, являются потенциальными охраняемыми территориями. Подобные изыскания позволяют высказать мнение о том, что такие участки и территории в дальнейшем могут приобрести статус охраняемых территорий или здесь могут быть ограничены какие либо хозяйственные виды деятельности человека. В целом,

рассматриваемая методика и получаемые результаты обеспечивают относительно высокую степень защиты растений, животных, экосистем и ландшафтов [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методология экологического земледелия и земледелия, устойчивого развития АПК, и в частности сельского хозяйства представляет собой современный, новаторский подход к ведению отрасли, основанный на научно-обоснованном, эффективном и разумном управлении ресурсами Земли. Подобный подход позволяет удовлетворять потребности человеческого общества, сохраняя при этом природные составляющие и чистоту окружающей среды. Следует отметить, что понятия «устойчивое сельское хозяйство» и «экологическое земледелие» тесно взаимосвязаны. В условиях Таджикистана для сохранения почв необходимы специальные методы. Территория страны небольшая по площади и она является горной страной – 93% территории. Основная часть почвенных покровов в горных территориях расположена на склонах и характеризуется способностью быстро разрушаться. В настоящее время, доминантная часть данных территорий оголенные, плодородный слой почв отсутствует, и горные почвы являются слабоустойчивыми. По мере перехода от территорий низкогорья к среднегорью и высокогорью, толщина плодородного слоя уменьшается и усиливается деградация. Известно, что на реализацию экологического земледелия или земледелия непосредственно влияет готовность самих специалистов и профессионалов внедрять ее.

В Таджикистане специалисты представляют собой основную силу, производящую продукцию в отраслях АПК. От их решений зависит, насколько эффективно будут использоваться ландшафты и экосистемы, а также перспективы развития и направления современного АПК. В этой связи особое значение приобретает наличие научно обоснованного механизма аграрного землепользования и земледелия, учитывающее роль социальных, технологических, научных и финансовых аспектов. Этот механизм должен быть адаптирован к уникальным географическим, ландшафтным, природным, климатическим и институциональным условиям, в которых осуществляется деятельность по развитию отраслей АПК. Также стоит отметить, что в Таджикистане изменения биоразнообразия могут быть признаком экологического стресса и негативно влиять на благосостояние людей. Хотя государство поддерживает развитие частного бизнеса, в стране нет инструментов, которые могли бы обеспечить стабильное развитие с учётом особенностей разных регионов. Данный факт, формирует процессы усиления влияния человека на природу и чрезмерного использования ресурсов всех видов. В конечном итоге, разрушаются места обитания животных и

произрастания растений, и в конечном итоге происходит трансформация ландшафтов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зиёев Б.С. К вопросу об экономическом механизме регулирования аграрного землепользования // Вестник ТНУ. 2022. № 5. С. 126-134.
2. Зиёев Б.С. Развитие агробизнеса в РТ в переходной экономике // Вестник ТНУ. 2015. № 2/1 (193). С. 33-38.
3. Зиёев Б.С. Основные принципы и механизмы управления земельными ресурсами на региональном уровне // Вестник ТНУ. Сер. социально-экономических и общественных наук. 2017. № 2/1. С. 35-41.
4. Виноградов А.И. Управление региональной экономикой: сущность и анализ теорий регионального развития // Политика, экономика и инновации. 2020. № 5 (34). С. 8.
5. Зинченко Т.Е. Эколого-экономические и институциональные аспекты землепользования городских агломераций в контексте принципов устойчивого развития // Социальная ответственность бизнеса. Междун. научно-практ. конф.: сб. научных трудов. 2014. С. 160.
6. Вершинин В.В. Эколого-экономические аспекты совершенствования оборота земель с.-х. назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2012. № 6 (90). С. 17-23.
7. Зиёев Б.С. Экономико-экологический аспект регулирования регионального землепользования // Вестник ТНУ. 2018. № 3. С. 25-31.
8. Зиёев Б.С. Совершенствование эколого-экономического механизма аграрного землепользования: теория и практика (на материалах регионов РТ) / Дисс. на соис. уч. ст. д-р эконом. н. (5.2.3.) - Региональная и отраслевая экономика (региональная экономика). Душанбе, 2023. 328 с.
9. Зиёев Б.С. Анализ динамики и структура использования земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения Хатлонской области // Вестник ТНУ. 2015. № 2/6 (175). С. 42-47.
10. Зиёев Б.С. Анализ современного состояния и тенденции использования земельных ресурсов в регионе // Вестник ТНУ. 2021. № 4. С. 79-90.
11. Зиёев Б.С. Основные проблемы продовольственной независимости РТ // Вестник педагогического университета. 2012. № 5(48). С. 292-294.
12. Зиёев Б.С. Переход к системе гибкого государственного регулирования главная задача продовольственной независимости // Вестник педагогического университета. 2012. № 5(48). С. 294-298.

13. Национальная стратегия развития РТ на период до 2030 г. // Утверждено Постановлением Маджлиси намояндагон, Маджлиси Оли РТ от 1.12.2016 г., № 636. Душанбе, 2016. 88 с.
14. Овчинникова Н.Г. Формирование механизма обоснования устойчивого землепользования // Terra Economicus. 2009. Т.7., № 2-2. С. 41-44.
15. Одинаев Х.А. Таджикистан в контексте устойчивого развития // Международные отношения и безопасность. - Душанбе, ЦСИ, 2022. № 2 (2). С. 111-128.
16. Баратов Р.Б. и др. Земная кора и верхняя мантия Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1981. 284 с.
17. Махмадалиева Б.У. и др. Национальный план действий Республики Таджикистана по смягчению последствий изменения климата. Душанбе: Таджглавгидромет, 2003. 264 с.
18. Национальный доклад о состоянии и использования земель Республики Таджикистан за 2010 г. Душанбе: Госэкозем, 2011. 64 с.
19. Красная книга Республики Таджикистан. Т. 1. Душанбе. 2017. 590 с.
20. Красная книга Республики Таджикистан. Т. 1-2. Душанбе. 2017. 494 с.

REFERENCES

1. Ziyoev B.S. K voprosu ob ekonomicheskom mekhanizme regulirovaniya agrarnogo zemlepol'zovaniya // Vestnik TNU. 2022. № 5. S. 126-134.
2. Ziyoev B.S. Razvitie agrobiznesa v RT v perekhodnoj ekonomike // Vestnik TNU. 2015. № 2/1 (193). S. 33-38.
3. Ziyoev B.S. Osnovnye principy i mekhanizmy upravleniya zemel'nymi resursami na regional'nom urovne // Vestnik TNU. Ser. social'no-ekonomicheskikh i obshchestvennyh nauk. 2017. № 2/1. S. 35-41.
4. Vinogradov A.I. Upravlenie regional'noj ekonomikoj: sushchnost' i analiz teorij regional'nogo razvitiya // Politika, ekonomika i innovacii. 2020. № 5 (34). S. 8.
5. Zinchenko T.E. Ekologo-ekonomicheskie i institucional'nye aspekty zemlepol'zovaniya gorodskih aglomeracij v kontekste principov ustojchivogo razvitiya // Social'naya otvetstvennost' biznesa. Mezhdun. nauchno-prakt. konf.: sb. nauchnyh trudov. 2014. S. 160.
6. Vershinin V.V. Ekologo-ekonomicheskie aspekty sovershenstvovaniya oborota zemel' s.-h. naznacheniya // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. 2012. № 6 (90). S. 17-23.
7. Ziyoev B.S. Ekonomiko-ekologicheskij aspekt regulirovaniya regional'nogo zemlepol'zovaniya // Vestnik TNU. 2018. № 3. S. 25-31.

8. Ziyoev B.S. Sovershenstvovanie ekologo-ekonomicheskogo mekhanizma agrarnogo zemlepol'zovaniya: teoriya i praktika (na materialah regionov RT) / Diss. na sois. uch. st. d-r ekonom. n. (5.2.3.) - Regional'naya i otraslevaya ekonomika (regional'naya ekonomika). Dushanbe, 2023. 328 s.
9. Ziyoev B.S. Analiz dinamiki i struktura ispol'zovaniya zemel'nyh resursov sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Hatlonskoj oblasti // Vestnik TNU. 2015. № 2/6 (175). S. 42-47.
10. Ziyoev B.S. Analiz sovremennogo sostoyaniya i tendencii ispol'zovaniya zemel'nyh resursov v regione // Vestnik TNU. 2021. № 4. S. 79-90.
11. Ziyoev B.S. Osnovnye problemy prodovol'stvennoj nezavisimosti RT // Vestnik pedagogicheskogo universiteta. 2012. № 5(48). S. 292-294.
12. Ziyoev B.S. Perekhod k sisteme gibkogo gosudarstvennogo regulirovaniya glavnyaya zadacha prodovol'stvennoj nezavisimosti // Vestnik pedagogicheskogo universiteta. 2012. № 5(48). S. 294-298.
13. Nacional'naya strategiya razvitiya RT na period do 2030 g. // Utverzhdeno Postanovleniem Madzhlisi namoyandagon, Madzhlisi Oli RT ot 1.12.2016 g., № 636. Dushanbe, 2016. 88 s.
14. Ovchinnikova N.G. Formirovanie mekhanizma obosnovaniya ustojchivogo zemlepol'zovaniya // Terra Economicus. 2009. T. 7., № 2-2. S. 41-44.
15. Odinaev H.A. Tadzhiqistan v kontekste ustojchivogo razvitiya // Mezhdunarodnye otnosheniya i bezopasnost'. - Dushanbe, CSI, 2022. № 2 (2). S. 111-128.
16. Baratov R.B. i dr. Zemnaya kora i verhnyaya mantiya Tadzhiqistana. Dushanbe: Donish, 1981. 284 s.
17. Mahmadalieva B.U. i dr. Nacional'nyj plan dejstvij Respubliki Tadzhiqistana po smyagcheniyu posledstvij izmeneniya klimata. Dushanbe: Tadzhlavgidromet, 2003. 264 s.
18. Nacional'nyj doklad o sostoyanii i ispol'zovaniya zemel' Respubliki Tadzhiqistan za 2010 g. Dushanbe: Gosekozem, 2011. 64 s.
19. Krasnaya kniga Respubliki Tadzhiqistan. T.1. Dushanbe. 2017. 590 s.
20. Krasnaya kniga Respubliki Tadzhiqistan. T.1-2. Dushanbe. 2017. 494 s.

Информация об авторах

В.Н. Саттаров – д-р биол. наук, профессор, и.о. зав. кафедрой экологии, географии и природопользования;

Ю.Э. Валиев – магистрант;

Б.И. Баходуров – магистрант;

Р.А. Ильясов – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейробиологии развития;

Н.Р. Газизова – канд. биол. наук, зам. главного врача по медицинской части.

Information about the authors

V.N. Sattarov – Doctor of biological sciences, professor, acting head of the Department of ecology, geography and nature management;

Y.E. Valiev – Master's student;

B.I. Bakhodurov - Master's student;

R.A. Ilyasov – Doctor of Biological Sciences, leading researcher of the Laboratory of Developmental Neurobiology;

N.R. Gazizova – Candidate of Biological Sciences, Deputy Chief Medical Officer.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации
18.12.2024.*

*The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication
18.12.2024.*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 574.5

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-27-39

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПРУДА В ДЕРЕВНЕ САЛИХОВО ЧИШМИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

*Екатерина Сергеевна Ткачева¹, Ксения Станиславовна
Егорушкова², Лилия Булатовна Хилажетдинова³, Альфия
Салаватовна Муфазалова⁴, Байрас Тимурович Псянчин⁵,
Ильгиз Наилевич Асманов⁶, Михаил Андреевич Банников⁷,
Элина Наилевна Латыпова⁸, Резеда Зинуровна Сущенко⁹,
Джовидон Камчинхонович Назаров¹⁰, Лира Альбертовна
Гайсина¹¹©*

*^{1,2,3,4,5,6,7,8,10,11} Башкирский государственный педагогический
университет им. М. Акмуллы Уфа, Российская Федерация
^{1,2,3,4,5,6,7,8,10,11} kksuha00@mail.ru*

*⁹ ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток, Российская
Федерация*

⁹ allaguvatova@yandex.ru

*¹¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
фитопатологии, Большие Вяземы, Российская Федерация*

¹¹ lira.gaisina@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0920-6449>

Аннотация. Представлены результаты исследования состояния пруда, расположенного в центральной части Республики Башкортостан в пределах увалисто-волнистой равнины в селе Салихово Чишминского района. В мае 2023 года был осуществлен отбор 10 проб воды в разных участках пруда, в которых были выявлено 22 вида водорослей и цианобактерий: Cyanobacteria – 10, Chlorophyta – 6, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) – 3 вида. Во всех пробах преобладал *Desmodesmus armatus*. Часто встречались также виды *Acutodesmus acuminatus*, *Ankistrodesmus* sp. и *Nitzschia palea*. К редким находкам относится *Romeria leopoliensis*, которая относительно редко обнаруживается в водоемах на территории Республики Башкортостан. Таким образом, в целом видовой состав альгофлоры пруда в селе Салихово был типичным пресноводных экосистем с рядом

© Ткачева Е.С., Егорушкова К.С., Хилажетдинова Л.Б., Муфазалова А.С., Псянчин Б.Т., Асманов И.Н., Банников М.А., Латыпова Э.Н., Сущенко Р.З., Назаров Д.К., Гайсина Л.А., 2024.

специфических особенностей, отражающих экологические условия местообитания.

Ключевые слова: альгофлора, метод разведения, цветение водоемов, массовое развитие, *Desmodesmus armatus*, *Acutodesmus acuminatus*, *Ankistrodesmus* sp., *Nitzschia palea*, *Romeria leopoliensis*

Для цитирования: Ткачева Е.С., Егорушкова К.С., Хилажетдинова Л.Б., Муфазалова А.С., Псянчин Б.Т., Асманов И.Н., Банников М.А., Латыпова Э.Н., Сущенко Р.З., Назаров Д.К., Гайсина Л.А. Исследование биоразнообразия водорослей и цианобактерий пруда в деревне Салихово Чишминского района Республики Башкортостан// Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 27-39.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

STUDY OF BIODIVERSITY OF ALGAE AND CYANOBACTERIA IN A POND IN THE VILLAGE OF SALIKHOVO IN THE CHISHMINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

*Ekaterina Sergeevna Tkacheva*¹, *Ksenia Stanislavovna Egorushkova*², *Lilia Bulatovna Hilazhetdinova*³, *Alfiya Salavatovna Mufazalova*⁴, *Bayras Timurovich Psyanchin*⁵, *Ilgiz Nailevich Asmanov*⁶, *Mikhail Andreevich Bannikov*⁷, *Elina Nailevna Latypova*⁸, *Rezeda Zinurovna Sushchenko*⁹, *Jovidon Kamchinhonovich Nazarov*¹⁰, *Lira Albertovna Gaysina*¹¹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,10,11} *Akmulla Bashkir State Pedagogical University named after Ufa, Russian Federation*

^{1,2,3,4,5,6,7,8,10,11} *kksuha00@mail.ru*

⁹ *FNC of Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation*

⁹ *allaguvatova@yandex.ru*

¹¹ *All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, Bolshye Vyazemye, Russian Federation*

¹¹ *lira.gaisina@gmail.com, http://orcid.org/0000-0002-0920-6449*

Abstract. The results of a study of the condition of a pond located in the central part of the Republic of Bashkortostan within a rolling plain in the village of Salikhovo, Chishminsky district, are presented. In May 2023 10 water samples in different parts of the pond were taken. 22 species of algae and cyanobacteria were identified: Cyanobacteria – 10, Chlorophyta – 6, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) – 3 species. *Desmodesmus armatus*

prevailed in all samples. The species *Acutodesmus acuminatus* and *Ankistrodesmus* sp. were also common. and *Nitzschia palea*. Rare finds include *Romeria leopoliensis*, which is relatively rarely found in reservoirs in the Republic of Bashkortostan. Thus, in general, the species composition of the algoflora of the pond in the village of Salikhovo was typical of freshwater ecosystems with a number of specific features reflecting the ecological conditions of the habitat.

Keywords: algoflora, delution method, blooming of reservoirs, mass development, *Desmodesmus armatus*, *Acutodesmus acuminatus*, *Ankistrodesmus* sp., *Nitzschia palea*, *Romeria leopoliensis*

For citation: Tkacheva E.S., Egorushkova K.S., Khilazhetdinova L.B., Mufazalova A.S., Psyanchin B.T., Asmanov I.N., Bannikov M.A., Latypova E.N., Sushchenko R.Z., Nazarov D.K., Gaysina L.A. Study of algal and cyanobacterium biodiversity of a pond in the village of Salikhovo in the Chishminsky district of the Republic of Bashkortostan// Bulletin of the Aknulla Bashkir State Pedagogical University. Series: Natural Sciences. 2024. No. 4. pp. 27-39.

Введение

Водоросли являются талломными бессосудистыми споровыми растениями, которые характеризуются способностью к фотоавтотрофному способу питания [1]. Это единственная группа растений, где представлены все известные в настоящее время типы клеточной организации: прокариотическая (синезеленые водоросли), мезокариотическая (панцирные жгутиконосцы из группы динофлагеллят), эукариотическая (водоросли остальных отделов) [2].

Водоросли занимают практически все местообитания, где может протекать фотосинтез. На их жизнедеятельность оказывает влияние комплекс абиотические (температура, свет, физические и химические свойства воды и субстрата, состояние и состав воздушных масс и др.), биотические (трофические, конкуренция и др.) и антропогенных факторов. В зависимости от степени приспособленности к вышеуказанным факторам водоросли образуют экологические группировки (сообщества, ценозы), которые характеризуются определенным набором видов [3]. Водные экосистемы способны к самоочищению и сохранению экологического равновесия [4]. Следует отметить, что многие виды водорослей являются перспективными с точки зрения их использования в биотехнологии [5].

Изучение биоразнообразия водорослей и цианобактерий является одной из актуальных задач современной биологии. Несмотря на многочисленные исследования альгофлоры как водных, так и наземных экосистем, мы еще очень далеки от оценки реального разнообразия этих организмов.

Особый интерес представляет исследование экосистем, подвергающихся антропогенной нагрузке. К числу таких объектов относится пруд, расположенный на территории социально-образовательного центра «Салихово». На протяжении ряда лет он использовался для слива воды из бассейна, находящего рядом с ним. Следует отметить, что для обработки воды в бассейне использовались химические соединения, содержащие хлор, которые могли оказать негативное влияние на живые организмы. Кроме того, в теплое время года вода в водоеме приобретала зеленоватый оттенок, поэтому было необходимо определить наличие либо отсутствие цветения воды.

Целью исследования было изучение альгофлоры пруда в Салихово и оценки его экологического состояния.

Методика исследования

Село Салихово находится в центральной части Башкортостана в Чишминском районе в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины. Климат данной местности умеренно континентальный, тёплый, умеренно влажный. Гидрографическая сеть представлена реками Дёма, Уршак, Кармасан, Чермасан, Уза и их притоками. Озёр насчитывается около 250 с общей площадью 1000 га. Преобладают озёра-старицы и заливные. Растительный покров представлен широколиственными смешанными лесами из липы, клёна, дуба, берёзы, осины. Почвы выщелоченные, карбонатные и обыкновенные чернозёмы, серые лесные [6].

На территории села находится Социально-образовательный центр Салихово БГПУ им. М. Акмуллы (СОЦ Салихово). На территории центра расположен пруд естественного происхождения. Вода в пруд поступает из родников.

С целью исследования биоразнообразия водорослей и цианобактерий пруда в Салихово было отобрано 10 проб воды. При отборе проб воду зачерпывали таким образом, чтобы в бутылку попадал осадок. Для выделения культур водорослей и цианобактерий использовали модификацию метода разведения [6, 7]. Для этого воду в бутылках взбалтывали, затем несколько капель воды распределяли по поверхности чашки Петри с агаризованной средой Z8 [8] и культивировали на люминостае (лампы ЛБ-40, чередование световой и темновой фаз 12:12 ч, освещенность 1700-2500 лк) в течении 14 суток.

Определяли виды вместе с обучающимися с использованием микроскопа Axio Imager A2 с реализацией дифференциально-интерференционного контраста с камерой Axio Cam MRC при увеличении $\times 1000$ с использованием масляной иммерсии. Микрофотографии выполняли при помощи программы AxioVision 4.9.

Для видовой идентификации использовали таксономические сводки и монографии [9-13]. Для уточнения названия водорослей и цианобактерий использовали базу данных Algaebase [14].

Результаты и обсуждение

В результате изучения видового состава водорослей и цианобактерий пруда в Салихово было выявлено 22 вида, относящихся в 3 отделах: Cyanobacteria – 10, Chlorophyta – 6, Heterokontophyta (Bacillariophyceae) – 3 вида (табл. 1).

Таблица 1.

Список видов водорослей и цианобактерий, обнаруженных в пруду в Салихово

Вид	Пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cyanobacteria										
<i>Chlorogloea purpurea</i> Geitler				+						
<i>Phormidium breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek							+	+		
<i>Pseudophormidium hollerbachianum</i> (Elenkin) Anagnostidis										+
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		+			+					
<i>Leptolyngbya</i> sp.1			+							
<i>Leptolyngbya</i> sp.2							+			
<i>Nostoc</i> sp.				+			+	+		
<i>Pseudoanabaena</i> sp.					+					
<i>Roholtiella fluviatilis</i> J.R.Johansen & Gaysina	+		+	+						
<i>Romeria leopoliensis</i> (Raciborski) Koczwara										
Chlorophyta										
Chlorophyceae										
<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) P.M.Tsarenko				+						
<i>Ankistrodesmus</i> sp.							+			
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald	+	+	+				+		+	+

<i>Desmodesmus sp.</i>					+					
<i>Monoraphidium pseudobraunii</i> (J.H.Belcher & Swale) Heynig		+								
Trebouxiophyceae										
<i>Chlorella sp.</i>			+		+		+			
Heterokontophyta										
Bacillariophyceae										
<i>Cymbella sp.</i>								+		
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow									+	
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg		+	+	+					+	
<i>Neidium sp.</i>									+	
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith					+				+	+
<i>Nitzschia reversa</i> W.Smith						+				

Цианобактерии были представлены наибольшим числом видов, несмотря на это, они редко достигали массового развития и встречались в пробах относительно редко. Среди этих видов особый интерес вызывает обнаружение видов *Phormidium breve* (рис.1, а), который часто идентифицируется в наземных экосистемах, а также вида *Romeria leopoliensis* (рис. 1, г), который относительно редко обнаруживается в водоемах на территории Республики Башкортостан. Кроме того, были найдены виды *Nostoc sp.* (рис.1, б) и *Roholtiella fluviatilis* (рис.1, в).

Во всех пробах было установлено преобладание вида *Desmodesmus armatus* (рис. 2, в), который был представлен большим числом клеток. Часто попадались такие виды, как *Acutodesmus acuminatus* (рис. 2, а) и *Ankistrodesmus sp.* (рис. 2, б). Следует отметить, что эти виды являются типичными для пресноводных водоемов по всему миру [12, 15].

Обнаружили шесть видов диатомовых водорослей, среди них *Nitzschia palea* (рис. 3, г) встречалась в большом числе проб. *Nitzschia palea* Кроме того, были обнаружены виды *Fragilaria construens* (рис.3, б, в), *Cymbella sp.* (рис. 3, а) и *Navicula lanceolata* (рис. 3, г).

Анализ видового состава водорослей и цианобактерий пруда в Салихово не показал чрезмерного развития видов – агентов цветения воды, которые бы угрожали состоянию водоема. Развитие сценедесмусовых водорослей объясняется сезонной динамикой водоема в результате повышения температуры воды в весенне-летний сезон. Таким образом, водоем не нуждается в специальной обработке реагентами для подавления развития водорослей и цианобактерий. Для

его очистки достаточно проведение механической очистки путем удаления мусора со дна пруда и высшей растительности.

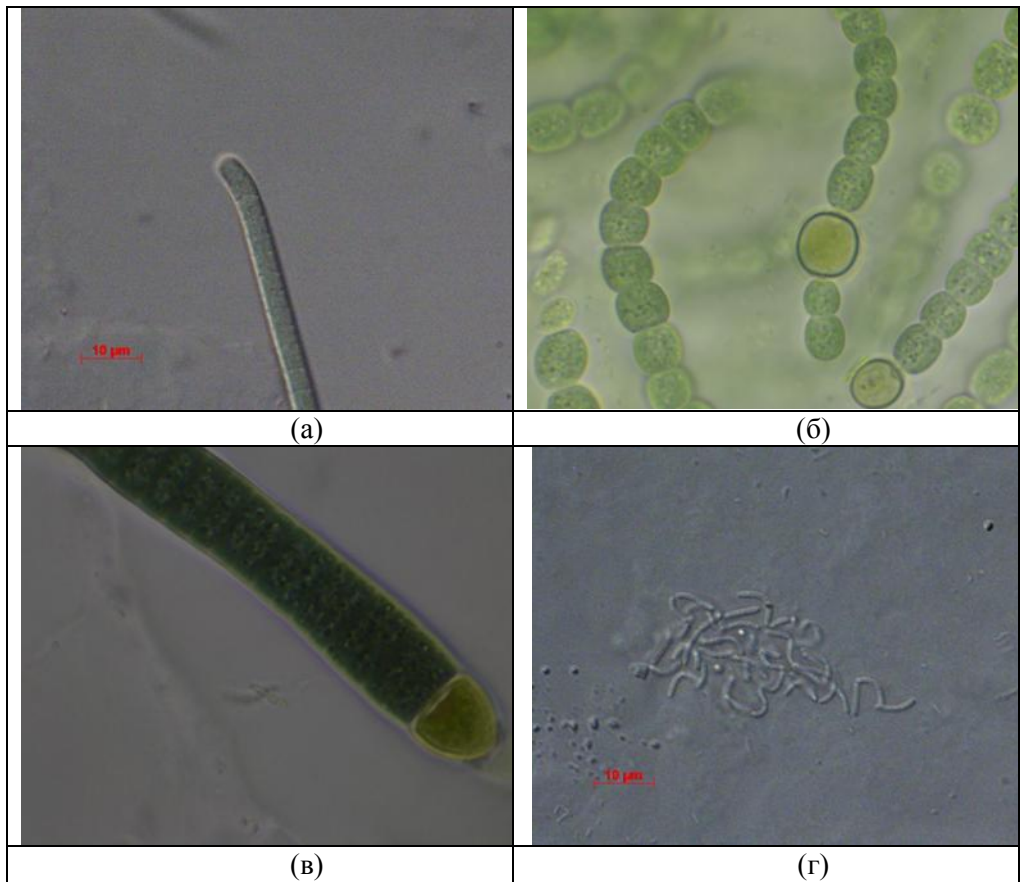
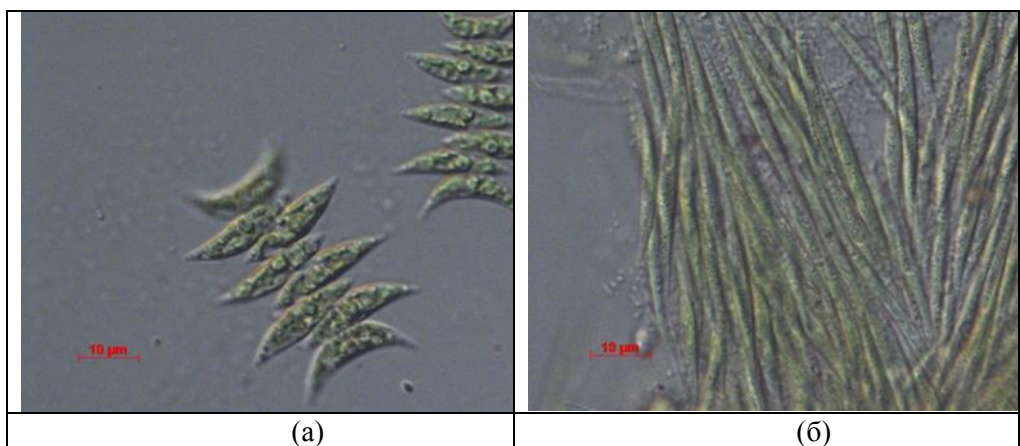


Рис. 1. Цианобактерии пруда в Салихово: (а) *Phormidium breve*, (б) *Nostoc* sp., (в) *Roholtiella fluviatilis*, (г) *Romeria leopoliensis*.



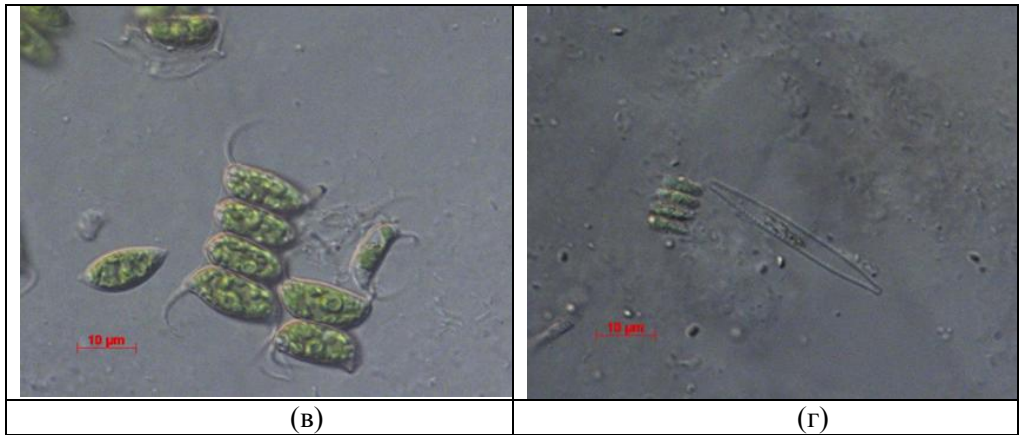


Рис. 2. Водоросли пруда в Салихово: (а) *Acutodesmus acuminatus*, (б) *Ankistrdodesmus* sp., (в) *Desmodesmus armatus*, (г) *Nitzschia palea*

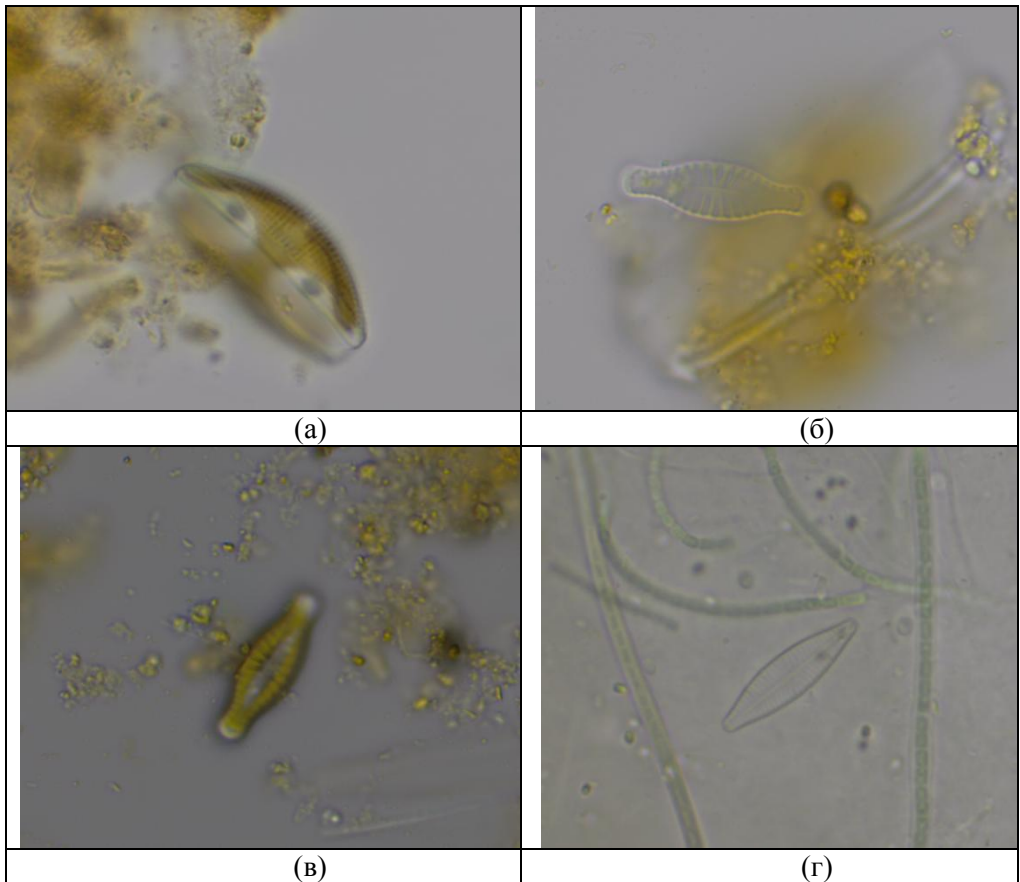


Рис. 3. Водоросли пруда в Салихово: (а) *Cymbella* sp, (б) *Fragilaria construens*, вид с середины клетки, в) *Navicula lanceolate*, вид сверху, (г) *Navicula lanceolata*

Выводы

1. В результате изучения видового состава водорослей и цианобактерий пруда в Салихово мы выявили 22 вида водорослей и цианобактерий, относящихся в 3 отделах: Cyanobacteria – 10, Chlorophyta – 6, Heterokontophyta – 3 вида.

2. Цианобактерии были представлены наибольшим числом видов, однако они редко достигали массового развития и встречались в пробах относительно редко. К числу интересных находок можно отнести вид *Romeria leopoliensis*.

3. Было установлено повсеместная встречаемость *Desmodesmus armatus*, часто встречались также виды *Acutodesmus acuminatus* и *Ankistrodesmus* sp.

4. Диатомовые водоросли были представлены шестью видами, среди них *Nitzschia palea* встречалась в большом числе проб.

5. Анализ видового состава водорослей и цианобактерий пруда в Салихово не показал чрезмерного развития видов – агентов цветения воды, которые бы угрожали состоянию водоема.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шалару, В.В. Почвенные водоросли естественных и искусственных фитоценозов Республики Молдова: Автореф. дисс. докт. биол. наук. Кишинев, 1996. 47с.

2. Масюк Н.П., Радченко М.И. Методы сбора и изучения водорослей // Водоросли: справочник /отв. ред. С.П. Вассер. - Киев: Наук. думка, 1989. С. 170-188

3. Зимняя, И.А. Ключевые компетенции как результативно-целевая основа компетентного подхода в образовании / Труды методологического семинара «Россия в Болонском прогрессе: проблемы, задачи, перспективы». – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. С.7

4. Балашова, Н.Б. Водоросли / Н.Б. Балашова, В.Н. Никитина. – Л.: Лениздат., 1989. – 92 с.

5. Горбулин, О.С. Ботаника: низшие растения. Учебное пособие для студентов/ 2-е издание, дополн., перераб. – Харьков: ХНУ, 2007.- 118 с.

6. Почвы Башкортостана. Т. 1. Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика // Под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.

7. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. Популяционная альгология. Уфа: Гилем, 2008. 143с.

8. Carmichael W.W. Isolation, culture, and toxicity testing of toxic freshwater cyanobacteria (blue-green algae) / Fundamental Research in Homogenous Catalysis 3; Shilov, V., Ed.; Gordon & Breach: New York, NY, USA, 1968; pp. 1249–1262.

9. Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). Санкт-Петербург: Наука, 1998. 351 с.
10. Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales // *Algological Studies*. Vol. 56. *Archiv für Hydrobiologie*. 1989. 82, 3. P. 247-345.
11. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales / Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2. Jena; Stuttgart; Lübek. Ulm, 2005. 759 p.
12. Komárek J., Fott B. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales / Edited by H.J. Elster, W. Ohle. Die Binnengewässer XVI. Schweizerbart Verlag, Stuttgart. 1983. 1044 p.
13. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Berlin, Spectrum Academiche Verlag. 1986. 876 p.
14. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [Electronic resource]: <https://www.algaebase.org>; searched on 22 December 2024
15. Phinyo K., Pekkoh J., Peerapornpisal Y. Distribution and ecological habitat of *Scenedesmus* and related genera in some freshwater resources of Northern and North-Eastern Thailand // *Biodiversitas*. 2017. Vol. 18. P. 1092–1099. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180329>
16. Trobajo R., Clavero E., Chepurinov V. A., Sabbe K., Mann D. G., Ishihara S., Cox E. J. Morphological, genetic and mating diversity within the widespread bioindicator *Nitzschia palea* (Bacillariophyceae) // *Phycologia*. 2009. Vol. 48. P. 443–459.

REFERENCES

1. Salaru V.V. Soil algae of natural and artificial phytocenoses of the Republic of Moldova: Abstract of a PhD thesis Kishinev, 1996. 47 p.
2. Masyuk N.P., Radchenko, M.I. Methods of collecting and studying algae // *Algae: reference book* / ed. S.P. Wasser. - Kyiv: Nauk. Dumka, 1989. pp. 170-188
3. Zimnyaya I.A. Key competencies as a result-target basis for a competence-based approach in education / *Proceedings of the methodological seminar "Russia in the Bologna Progress: problems, tasks, prospects"*. - Moscow: Research Center for Problems of the Quality of Specialist Training, 2004. P.7
4. Balashova N.B. *Algae* / N.B. Balashova, V.N. Nikitina. - L.: Lenizdat., 1989. - 92 p.
5. Gorbulin O.S. *Botany: lower plants. Textbook for students* / 2nd edition, supplemented, revised. – Kharkov: KhNU, 2007.-118 p.

6. Soils of Bashkortostan. Vol. 1. Ecological, genetic and agricultural characteristics // Edited by F.H. Khaziev. Ufa: Gilem, 1995. 384 p.
7. Gaysina L.A., Fazlutdinova A.I., Kabirov R.R. Population algology. Ufa: Gilem, 2008. 143 p.
8. Carmichael W.W. Isolation, culture, and toxicity testing of toxic freshwater cyanobacteria (blue-green algae) / Fundamental Research in Homogenous Catalysis 3; Shilov, V., Ed.; Gordon & Breach: New York, NY, USA, 1968; pp. 1249–1262.
9. Andreeva V.M. Soil and aerophilic green algae (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). Saint Petersburg: Nauka Publ., 1998. 351 p.
10. Komárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales // Algological Studies. Vol. 56. Archiv für Hydrobiologie. 1989. 82, 3. P. 247-345.
11. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales / Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2. Jena; Stuttgart; Lübek. Ulm, 2005. 759 p.
12. Komárek J., Fott B. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales / Edited by H.J. Elster, W. Ohle. Die Binnengewasser XVI. Schweizerbart Verlag, Stuttgart. 1983. 1044 p.
13. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Berlin, Spectrum Academiche Verlag. 1986. 876 p.
14. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [Electronic resource]: <https://www.algaebase.org>; searched on 22 December 2024
15. Phinyo K., Pekkoh J., Peerapornpisal Y. Distribution and ecological habitat of Scenedesmus and related genera in some freshwater resources of Northern and North-Eastern Thailand // Biodiversitas. 2017. Vol. 18. P. 1092–1099. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180329>
16. Trobajo R., Clavero E., Chepurnov V. A., Sabbe K., Mann D. G., Ishihara S., Cox E. J. Morphological, genetic and mating diversity within the widespread bioindicator Nitzschia palea (Bacillariophyceae) // Phycologia. 2009. Vol. 48. P. 443–459.

Информация об авторах

Е. С. Ткачева – магистрант 2 года обучения программы «Педагогическое образование», профиль «Экологическое образование» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

К. С. Егорушкова – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

Л. Б. Хилажетдинова – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

А. С. Муфазалова – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

Б. Т. Псянчин – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

И. Н. Асманов – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

М. А. Банников – магистрант 2 года обучения программы «Педагогическое образование», профиль «Исследовательская и проектная деятельность в биологии, химии, экологии» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

Э. Н. Латыпова – магистрант 1 года обучения программы «Биология», профиль «Биотехнология» БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

Р. З. Суценко – к.б.н., научный сотрудник лаборатории ботаники ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток;

Д. К. Назаров – аспирант кафедры ботаники и биологического образования БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа;

Л. А. Гайсина – д.б.н., профессор кафедры ботаники и биологического образования БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа.

Information about the authors

E. S. Tkacheva – 2-year master's student of the program "Pedagogical Education", profile "Environmental education" of the Akmulla BSPU, Ufa;

K. S. Egorushkova – 1-year master's student of the program "Biology", profile "Biotechnology" of the Akmulla BSPU, Ufa;

L. B. Khilazhetdinova - 1-year master's student programs "Biology", profile "Biotechnology" of the Akmulla BSPU, Ufa;

A. S. Mufazalova – 1-year master's student of the program "Biology", profile "Biotechnology" of the Akmulla BSPU, Ufa;

B. T. Psysanchin – 1-year master's student of the Biology program, profile "Biotechnology" of the Akmulla BSPU, Ufa;

I. N. Asmanov – 1-year master's student of the Biology program, profile "Biotechnology" of the Akmulla BSPU, Ufa;

M. A. Bannikov – 2-year master's student of the program "Pedagogical education", profile "Research and project activities in biology, chemistry, ecology" Akmulla BSPU, Ufa;

E. N. Latypova – 1-year master's student of the Biology program, profile "Biotechnology" Akmulla BSPU, Ufa;

R. Z. Sushchenko – Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Botany of the Federal Research Center for Biodiversity of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok;

D. K. Nazarov – postgraduate student at the Department of Botany and Biological Education of the Akmulla BSPU, Ufa;

L. A. Gaysina – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Botany and Biological Education of the Akmulla BSPU, Ufa.

*Статья поступила в редакцию 18.11.2024; принята к публикации 21.12.2024.
The article was submitted 18.11.2024; accepted for publication 21.12.2024.*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК581.524.35

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-40-57

ВИДОВОЙ СОСТАВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНОГО СООБЩЕСТВА ГОРЯЧИНСКОГО ХРЕБТА (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

*Артём Андреевич Филиппов¹, Алина Ниязовна Ахмедьянова²,
Алина Рустамовна Маматаева³, Алиса Дмитриевна
Иванова⁴, Светлана Сергеевна Зверькова⁵, Кристина
Алексеевна Шайдурова⁶, Валерия Павловна Янькова⁷, Ирина
Викторовна Дылгырова⁸, Татьяна Георгиевна Басхаева⁹,
Наталья Викторовна Суханова¹⁰©*

^{1,2,3,10} *Башкирский государственный педагогический
университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

^{1,2,3,10} *artphilipp2021@gmail.com*

^{4,5,6,7,8,9} *Бурятский государственный университет им.
Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия*

^{4,5,6,7,8,9} *alisaivanova335@gmail.com*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования видового разнообразия высших растений лесного сообщества Горячинского хребта. Целью работы было изучение видового состава и структуры лесного сообщества, а также выявление закономерностей вертикального распределения видов. Полученные результаты позволяют оценить видовой состав и структуру лесного сообщества и имеют практическое значение для мониторинга биоразнообразия.

Ключевые слова: видовое разнообразие, видовая принадлежность, систематический анализ, лесное сообщество, маршрут, геоботаническое описание

Для цитирования: Филиппов А.А., Ахмедьянова А.Н., Маматаева А.Р., Иванова А.Д., Зверькова С.С., Шайдурова К.А., Янькова В.П., Дылгырова И.В., Басхаева Т.Г., Суханова Н.В. Видовой состав высших растений лесного сообщества Горячинского хребта (Республики Бурятия) // Вестник Башкирского государственного

педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Естественные науки.
2024. № 4. С. 40-57.

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

SPECIES COMPOSITION OF HIGHER PLANTS IN THE FOREST ECOSYSTEM OF THE GORYACHINSKY MOUNTAIN RANGE (REPUBLIC OF BURYATIA)

*Артём Андреевич Филиппов¹, Алина Ниязовна Ахмедьянова²,
Алина Рустамовна Маматаева³, Алиса Дмитриевна
Иванова⁴, Светлана Сергеевна Зверькова⁵, Кристина
Алексеевна Шайдурова⁶, Валерия Павловна Янькова⁷, Ирина
Викторовна Дылгырова⁸, Татьяна Георгиевна Басхаева⁹,
Наталья Викторовна Суханова¹⁰*

^{1,2,3,10} *Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla,
Ufa, Russia*

^{1,2,3,10} *artphilipp2021@gmail.com*

^{4,5,6,7,8,9} *Buryat State University named after D. Bannzarov, Ulan-
Ude, Russia*

^{4,5,6,7,8,9} *alisaivanova335@gmail.com*

Abstract. This article reports on a study of the species diversity of higher plants in the forest ecosystem of the Goryachinsky Mountain Range. The objective was to examine the species composition and structure of the forest community, and to determine the patterns of species distribution. The findings enable an evaluation of the species composition and structure of the forest community and have practical implications for monitoring biodiversity.

Keywords: species diversity, species composition, systematic analysis, forest community, route, geobotanical description

For citation: Filippov A.A., Akhmedyanova A.N., Mama-taeva A.R., Ivanova A.D., Zverkova S.S., Shaidurova K.A., Yankova V.P., Dylgyrova I. V., Baskhaeva T.G., Sukhanova N.V. Species composition of higher plants of the forest community of the Goryachinsky ridge (Republic of Buryatia) // Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University named after. M. Akmulla. Series: Natural Sciences. 2024. No. 4. pp. 40-57.

Введение

Лесной пояс в горах Бурятии в сравнении с другими поясами растительности имеет наибольшую ширину. Нижний предел его

распространения находится на отметках 450 (500-800) м над уровнем моря по северным и приблизительно 1000-1200 м над уровнем моря по южным склонам. Верхний предел распространения леса в различных горных сооружениях неодинаков, в горах Станового нагорья он находится на высоте 1100-1300 м над уровнем моря, в то время как в условиях сухого климата в хребтах Восточного Саяна на высоте 2000-2200 м, а при благоприятных условиях увлажнения на северном макросклоне Хамар-Дабана на отметке 450-1500 м над уровнем моря. На различных участках территории состав лесообразующих пород отличается. У Байкала, в особенности на южном побережье, преобладают темнохвойные породы – сосна сибирская, пихта, ель, имеющие здесь ландшафтообразующее значение. Лесам Республики Бурятия посвящено достаточно литературы [1, 2, 3].

Актуальность исследования видового разнообразия высших растений лесного сообщества Горячинского хребта Баргузинского района Республики Бурятия обуславливается необходимостью мониторинга флоры в условиях глобальных изменений климата и антропогенного воздействия. Леса являются важными экосистемами, играющими ключевую роль в поддержании биологического разнообразия, регулировании климата и сохранении природных ресурсов. В связи с этим, систематическое изучение видового состава высших растений в данных экосистемах становится важной задачей для оценки их состояния и устойчивости. Кроме того, понимание видового разнообразия позволяет выявить взаимосвязи между растениями и окружающей средой, что имеет значение для разработки стратегий охраны и устойчивого использования природных ресурсов [4, 5].

Проблема, которую предстоит исследовать, заключается в недостаточной изученности флоры региона, особенно в контексте изменений, происходящих в экосистемах под влиянием человека и климатических факторов. Горячинский хребет, как часть уникальной природной зоны, требует детального изучения для выявления закономерностей распределения видов высших растений и их адаптационных стратегий. Это исследование направлено на заполнение пробелов в знаниях о флоре региона и оценку её ресурсного потенциала [6].

Целью настоящего исследования является изучение видового разнообразия высших растений лесного сообщества северо-восточного отрога Горячинского хребта. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. проведение маршрутных исследований для сбора данных о видовом составе высших растений;
2. определение видовой принадлежности высших растений с использованием классических методов систематики;

3. систематический анализ видов высших растений для выявления закономерностей их распределения и взаимосвязей;

4. анализ ресурсного значения видов высших растений для оценки их потенциального использования в различных отраслях хозяйства;

5. анализ по жизненным формам видов высших растений для понимания их адаптационных стратегий и реакции на изменение окружающей среды.

Полученные результаты позволят оценить видовой состав и структуру лесного сообщества Горячинского хребта, а также выявить закономерности распределения видов высших растений в зависимости от вертикальной поясности. Материал был собран в июне 2024-го года во время учебной практики, что обеспечило актуальность и свежесть полученных данных.

Методика исследования

Методика исследования видového состава высших растений лесного сообщества Горячинского хребта включает в себя следующие этапы:

Подготовка к полевым исследованиям:

1. Изучение литературных источников по флоре и растительности изучаемой территории [6].

2. Подготовка списка необходимого оборудования и материалов для сбора и фиксации образцов растений.

3. Подготовка определителей высших растений, включающих определители семейств, родов и видов, характерных для данной территории [4].

Описание маршрута исследований:

1. Выбор маршрута исследований, учитывающий разнообразие ландшафтов и растительных сообществ на северо-восточном отроге Горячинского хребта.

2. Описание маршрута, включающее координаты шести точек маршрута, а также основные ориентиры и характер растительности на маршруте.

3. Разбиение маршрута на участки, на которых проводился сбор образцов растений (рис. 1–2).

Гербаризацию растений проводили классическими методами.

Анализ полученных данных:

1. Систематический анализ видов высших растений, включающий определение видového состава, структуры и закономерностей распределения видов в зависимости от экологических факторов [7, 8].

2. Анализ ресурсного значения видов высших растений для оценки их потенциального использования в различных отраслях хозяйства.

3. Анализ по жизненным формам видов высших растений по И.Г. Серебрякову для понимания их адаптационных стратегий и реакции на изменение окружающей среды.

Оформление результатов исследований: составление списка видов высших растений, обнаруженных на северо-восточном отроге Горячинского хребта, с указанием их экологических требований и ресурсного значения.

Использованные методы позволили провести полное и объективное исследование видового состава высших растений лесного сообщества Горячинского хребта, а также выявить закономерности распределения видов в зависимости от экологических факторов и оценить их ресурсное значение.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований на северо-восточном отроге Горячинского хребта были выявлены различные растительные сообщества, что позволило получить представление о видовом составе, структуре и закономерностях распределения высших растений в данной экосистеме. Были проведены геоботанические описания в 6 точках во время двух маршрутов (рис.1).

МАРШРУТ №1. Геоботаническое описание точки №1.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, южнее села Максимиха на 5 км.

Координаты: 53.298473° с.ш.; 108.671806° в.д. (рис.1).

Высота над уровнем моря: 456 м.

Физико-географические характеристики. Тип местности: 1-я байкальская терраса, наветренная сторона, восточная сторона залива. Сублиторальная зона побережья: выходы крупнообломочных, плохо окантованных гранитоидов. Средний размер камней составляет около 30 см. Почва: от уреза воды до границы леса 1 м. Выходы камней составляют 90%, песок аллювиального происхождения – 5%. Наличие валежника. Поверхность: неровная, крупнокочковатая, с муравейниками. На деревьях с северной стороны произрастают лишайники. Кустарниковый ярус: проективное покрытие кустарников составляет 40%, высота кустарников – 70 см. Проективное покрытие валежника – 2%. Структура древостоя: сосна обыкновенная, сосна сибирская, береза плосколистная, тополь дрожащий. Расстояние между деревьями составляет 3-4 м. Приблизительный возраст деревьев – 60-80 лет.

Экологическое состояние: точка характеризуется разнообразием видов и достаточно высокой плотностью древостоя. Наличие различных видов деревьев и кустарников указывает на разнообразие экосистемы. Выходы камней и разнообразный почвенный состав создают уникальные условия для роста флоры. Проективное покрытие кустарников и валежника, а также присутствие лишайников на

деревьях, свидетельствует о наличии микроклиматических условий, способствующих достаточно высокому биоразнообразию.

МАРШРУТ №2. Геоботаническое описание точки №2.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, село Максимиха.

Координаты: 53.2586° с.ш.; 108.74784° в.д.

Высота над уровнем моря: 531 м (поднялись на 80 м по сравнению с предыдущей точкой) (рис.2).

Физико-географические характеристики. Площадь описания: 10X20 м. Тип рельефа: днище распадка, склон северо-западной экспозиции (322°). Угол наклона: 10°. Почва: Темноокрашенная, высоко-гумусированная, с толщиной опада 6-7 см. Лесная ассоциация: тип леса представлен лиственнично-сосновым лесом с участием пихты сибирской, березы повислой и тополя дрожащего. Возраст деревьев составляет около 80 лет, максимальная высота достигает 20 м, а максимальный диаметр стволов – 55 см. Сомкнутость кроны составляет 0,5%. Кустарниковый ярус: присутствие душейки кустарниковой и ивы ледебура, создают разнообразие в кустарниковом ярусе. Травяной ярус: ярусность хорошо выражена, включает три яруса, первый ярус из высоких растений с такими видами, как борец северный, лилия мартагон и различные злаковые. Видовой состав травяного яруса разнообразен и включает как лекарственные, так и декоративные растения.

Наличие патогенных грибов указывает на возможное ухудшение состояния леса и предсказывает сукцессионные изменения в фитоценозе в течение следующих десяти лет.

Геоботаническое описание точки №3.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, село Максимиха, отроги Горячинского хребта.

Координаты: 53.1530° с.ш.; 108.4454° в.д. (рис. 2).

Высота над уровнем моря: 536 м (на 15 м выше предыдущей точки).

Физико-географические характеристики. Площадь описания: 10X10 м². Крутизна склона: 58° на северо-восток. Поверхность: неровная, валежник до 5%. Лесная ассоциация: тип леса представляет собой кедрово-осиновый лес с пирогенной формацией. Возраст деревьев варьируется от 40 до 80 лет, максимальная высота достигает 20 м, а диаметр стволов – 55 см. Кустарниковый ярус: проективное покрытие кустарников составляет 20%, высота кустарников – 1-2 м. Травяной ярус: ярусность также хорошо выражена, включает три яруса, первый ярус с такими видами, как борец северный, лилия кудреватая и василистник (табл. 1).

Точка характеризуется разнообразием видов и хорошо выраженной ярусностью, что свидетельствует о высоком уровне биоразнообразия и устойчивости экосистемы.

Геоботаническое описание точки №4.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, село Максимиха, 100 м от точки №3.

Координаты: 53.25828° с.ш.; 108.75131° в.д. (рис.2).

Высота над уровнем моря: 596 м.

Физико-географические характеристики: склон: 253° (запад). Крутизна склона: 7°. Тип местности: верхняя транзитная часть катены. Лесная ассоциация: тип леса – лиственнично-сосновый с примесью березы и кедра. Возраст деревьев составляет около 60 лет, максимальная высота достигает 20 м. Кустарниковый ярус: проективное покрытие кустарникового яруса составляет 60-80%. Травяной ярус: общее проективное покрытие травяного покрова – 54%.

Точка демонстрирует разнообразие видов и структурное богатство лесной экосистемы. Присутствие различных кустарников и травянистых растений указывает на здоровую экосистему с хорошими условиями для роста и развития флоры.

Геоботаническое описание точки №5.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, село Максимиха, смещение на 100 м от точки №4.

Координаты: 53.25813° с.ш.; 108.75008° в.д. (рис.2).

Высота над уровнем моря: 576 м.

Физико-географические характеристики: склон: 128 градусов на юго-восток, крутизна 15 градусов. Тип местности: средне-транзитная часть. Характеристика древостоя: лиственнично-сосновый лес с примесью березы. Высота деревьев: максимальная – 18 м, средняя – 15 м. Диаметр ствола: максимальный – 25 см, средний – 15 см. Высота прикрепления кроны: 5-10 м. Сомкнутость кроны: 0,4%. Расстояние между деревьями: 2-4 м. Кустарниковый ярус: полог хорошо выражен, высота – 1,5 м. Проективное покрытие кустарникового яруса: 60-80%. Экологическое состояние: толщина опада 10-15 см (хвоя, листья брусники, ветошь), валежник 20%; оголенный грунт 0%, общее проективное покрытие травяного покрова (ОПП): 54%.

Геоботаническое описание точки №6.

Местоположение: Республика Бурятия, Прибайкальский край, Баргузинский район, село Максимиха, 100 м от точки №5.

Координаты: 53.25828° с.ш.; 108.75131° в.д. (рис.2).

Высота над уровнем моря: 596 м.

Физико-географическая характеристика. Склон – 253 градусов на запад, крутизна 7 градусов. Тип местности: верхняя транзитная часть катены, отроги хребта. Характеристика древостоя: площадь описания: 10X10 м². Тип леса: сосняк с примесью лиственницы, осины

и кедра. Высота деревьев: максимальная – 20 м, средняя – 15-18 м. Диаметр ствола: максимальный – 30 см, средний – 15 см. Высота прикрепления кроны: 10 м. Возраст: 60 лет. Сомкнутость кроны: 0,4%. Расстояние между деревьями: 5-6 м. Формула древостоя: $4с + 5о + 1б$. Подрост: 40 лет. Кустарниковый ярус: проективное покрытие кустарников: 70-80% (рододендрон даурский), высота кустарников – 2 м.

Экологическое состояние: толщина опада 6-7 см (листва, хвоя, шишки), валежник, почва темноцветная; оголенный грунт – 0%, ОПП травяного покрова – 54%.

Обобщая результаты геоботанических описаний, можно сделать вывод о высоком уровне биоразнообразия и устойчивости экосистем в исследуемых точках. Присутствие различных видов деревьев, кустарников и травянистых растений, а также хорошо выраженная ярусность, свидетельствует о здоровом состоянии лесных экосистем. Однако необходимо учитывать влияние патогенных грибов и других внешних факторов, что требует постоянного мониторинга для сохранения биоразнообразия региона.

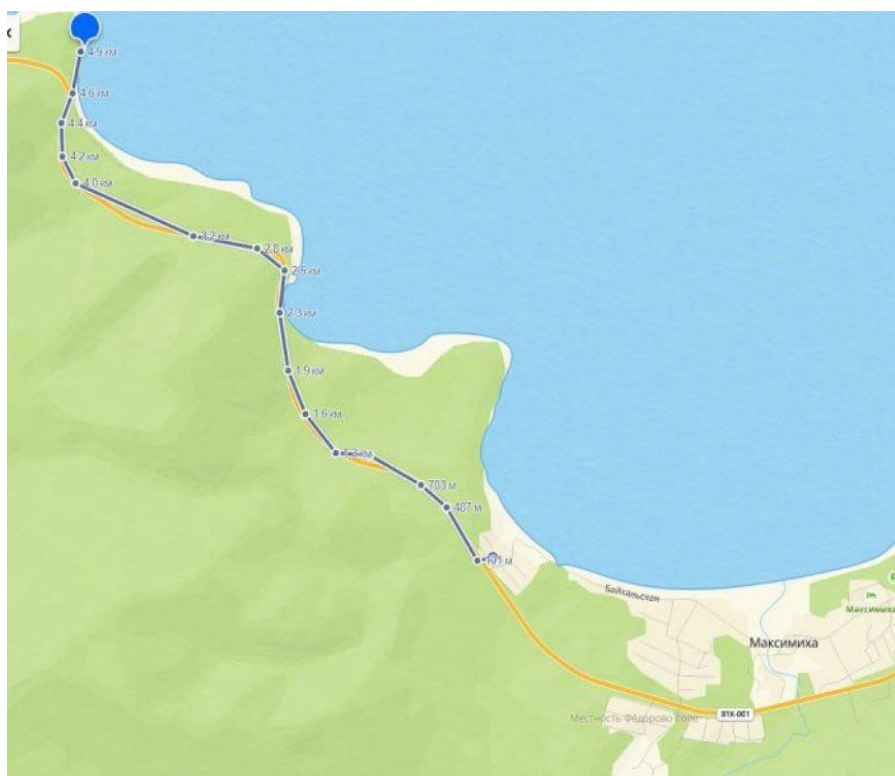


Рис. 1. Карта 1-го маршрута сбора лесных растений от 21.06.2024



Рис. 2. Карта 2-го маршрута сбора лесных растений

Видовой состав лесного сообщества Горячинского хребта

В ходе проведенных исследований был выявлен разнообразный видовой состав высших растений, представленный более чем 17 семействами и 37 видами. Это свидетельствует о богатстве флоры исследуемой территории и ее значимости в сложении лесной экосистемы (табл. 1).

Таблица 1.

Видовой состав высших растений Горячинского хребта

№	Название растения (рус./лат.)	Семейство (рус./лат.)	Точки геоботанического описания						Ресурсное значение	Жизненная форма	Обилие
			1	2	3	4	5	6			
1	Сосна обыкновенная / <i>Pinus</i>	Сосновые / <i>Pinaceae</i>	+	-	+	+	+	+	Древесина	Дерево	Доминирующий

	<i>sylvestris</i> L.											
2	Береза плосколистная / <i>Betula platyphylla</i> Suk.	Березовые / <i>Betulaceae</i>	+	-	-	-	-	-	Древесина	Дерево	Доминирующий	
3	Сосна сибирская / <i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Сосновые / <i>Pinaceae</i>	+	-	+	+	+	+	Древесина	Дерево	Редкий	
4	Тополь дрожащий (Осина) / <i>Populus tremula</i> L.	Ивовые / <i>Salicaceae</i>	+	+	+	-	-	+	Древесина	Дерево	Сопутствующий	
5	Боярышник / <i>Crataegus</i> spp.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	+	-	-	-	-	-	Плоды, лекарственное	Кустарник	Единичный	
6	Черемуха / <i>Padus</i> spp.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	+	-	-	-	-	-	Плоды, лекарственное	Дерево	Единичный	
7	Княжик сибирский / <i>Atragene sibirica</i> L.	Лютиковые / <i>Ranunculaceae</i>	+	-	+	-	-	+	Декоративное	Лиана	Редкий	
8	Шиповник иглистый / <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	-	-	-	-	+	-	Плоды	Кустарник	Единичный	
9	Княженика обыкновенная / <i>Rubus arcticus</i> L.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	-	-	-	-	+	-	Плоды	Кустарник	Редкий	
10	Кровохлёбка лекарственная / <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	+	-	-	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Единичный	
11	Ирис русский / <i>Iris ruthenica</i> L.	Ирисовые / <i>Iridaceae</i>	+	+	+	+	+	+	Декоративное	Травянистое	Сопутствующий	
12	Хвощ луговой / <i>Equisetum pratense</i> L.	Хвощовые / <i>Equisetaceae</i>	+	+	+	+	+	+	Лекарственное	Травянистое	Сопутствующий	
13	Подмаренник северный / <i>Galium</i>	Мареновые / <i>Rubiaceae</i>	+	-	-	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Редкий	

	<i>boreale</i> L.											
14	Душекия кустарниковая / DUSCHEKI A FRUTICOS A (Rupr.) Pouzar	Вересковые / <i>Ericaceae</i>	-	+	-	-	-	-	Декоративное	Кустарник	Редкий	
15	Ива ледебуря / <i>Salix ledebouriana</i> f. Kuraica	Ивовые / <i>Salicaceae</i>	-	+	-	-	-	-	Древесина	Дерево	Единичный	
16	Рододендрон даурский / <i>Rhododendron dauricum</i> L.	Вересковые / <i>Ericaceae</i>	-	+	+	+	+	+	Декоративное	Кустарник	Сопутствующий	
17	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	Сосновые / <i>Pinaceae</i>	-	+	-	-	+	+	Древесина	Дерево	Редкий	
18	Пихта сибирская / <i>Abies sibirica</i> Ledeb.	Сосновые / <i>Pinaceae</i>	-	+	-	-	-	+	Древесина	Дерево	Редкий	
19	Береза повислая / <i>Betula pendula</i> Roth.	Березовые / <i>Betulaceae</i>	-	+	-	-	-	-	Древесина	Дерево	Редкий	
20	Борец северный / <i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	Лютиковые / <i>Ranunculaceae</i>	-	+	+	-	-	+	Лекарственное	Травянистое	Редкий	
21	Лилия мартагон / <i>Lilium martagon</i> L.	Лилейные / <i>Liliaceae</i>	-	+	+	-	+	-	Декоративное	Травянистое	Редкий	
22	Осока лесная / <i>Carex sylvatica</i> Huds.	Осоковые / <i>Cyperaceae</i>	-	+	+	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Редкий	

23	Чина приземистая / <i>Lathyrus humilis</i> (Ser.) Spreng.	Бобовые / <i>Fabaceae</i>	-	-	-	-	-	-	Кормовые растения	Травянистое	Единичный
24	Костяника каменная / <i>Rubus saxatilis</i> L.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	-	-	-	-	+	-	Плоды	Кустарник	Редкий
25	Брусника / <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Вересковые / <i>Ericaceae</i>	-	-	-	-	+	-	Плоды	Кустарник	Единичный
26	Фиалка одноцветковая / <i>Viola uniflora</i> L.	Фиалковые / <i>Violaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Единичный
27	Майник двулистный / <i>Maianthemum bifolium</i> L.	Лилейные / <i>Liliaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Единичный
28	Бадан толстолистный / <i>Bergenia crassifolia</i> Fritsch.	Камнеломковые / <i>Saxifragaceae</i>	-	-	-	-	+	-	Декоративное	Травянистое	Единичный
29	Рябина сибирская / <i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	Розоцветные / <i>Rosaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Плоды	Дерево	Единичный
30	Грушанка круглолистная / <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	Вересковые / <i>Ericaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Единичный
331	Водосбор / <i>Aquilegia</i> spp.	Лютиковые / <i>Ranunculaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Редкий
32	Линнея северная / <i>Linnaea borealis</i> L.	Вересковые / <i>Ericaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Единичный
33	Камнеломка / <i>Saxifraga</i> spp.	Камнеломковые / <i>Saxifragaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Единичный

34	Мёрингия бокоцветная / <i>Moehringia lateriflora</i> (L.) Fenzl.	Гвоздичные / <i>Caryophyllaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Единичный
35	Ожика / <i>Luzula</i> spp.	Ситниковые / <i>Juncaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Декоративное	Травянистое	Единичный
36	Недоспелка копьевидная / <i>Cacalia aconitifolia</i> Tony Avent.	Астровые / <i>Asteraceae</i>	-	-	+	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Единичный
37	Василистник / <i>Thalictrum</i> sp.	Лютиковые / <i>Ranunculaceae</i>	-	-	+	-	-	-	Лекарственное	Травянистое	Единичный

Примечания: Обилие вида указано по шкале Друде [6]. Жизненные формы растений по И.Г Серебрякову были определены в ходе наблюдения, проведенного 21-22 июня 2024 года.

Закономерность распределения видов

На основании данных, представленных в таблице 1 о видовом составе высших растений Горячинского хребта и геоботанических описаниях шести точек, можно выделить закономерности распределения видов по указанным точкам, а также проанализировать изменения в структуре растительности в зависимости от высоты.

В точке №1 обнаружены 10 видов высших растений (табл. 1). Деревья составляют основную часть флоры. Растения имеют высокое ресурсное значение (древесина). Сосна обыкновенная и береза плосколистная являются доминирующими. Точка характеризуется высоким разнообразием видов и высокой плотностью древостоя, что свидетельствует о здоровом состоянии экосистемы.

В точке №2 (531 м над уровнем моря) выявлены 11 видов высших растений (табл. 1). Преобладают деревья и кустарники, а также обнаружены редкие виды травянистых растений (лилия мартагон). Ресурсное значение: древесина и декоративные растения. Сосна и лиственница доминируют, высокое покрытие кустарникового яруса. Увеличение высоты не изменило структуру флоры, но добавило новые виды в травяном ярусе.

В точке №3 зарегистрировано 20 видов, преобладают деревья и кустарники (табл.1), также присутствуют травянистые растения. Ресурсное значение: древесина, декоративные и лекарственные растения. Фитоценоз имеет выраженную ярусность, что свидетельствует о высоком уровне биоразнообразия. Увеличение высоты (536 м) привело к увеличению видов в травяном ярусе, сохранив при этом доминирование деревьев.

Точка №4 характеризовалась невысоким видовым

разнообразием, всего было выявлено 5 видов растений (табл.1). Преобладают деревья и кустарники. Ресурсное значение: древесина, лекарственные и декоративные растения. Обилие: высокое проективное покрытие кустарникового яруса (60-80%). Изменение высоты до 596 м привело к увеличению обилия кустарников и травянистых растений, но при этом разнообразие видов уменьшилось.

В точке №5 преобладают деревья, кустарники и травянистые растения, представленные 22 видами растений (табл.1). Ресурсное значение: древесина, съедобные плоды и лекарственные растения. Обилие: сохраняется высокая плотность древостоя, но с уменьшением обилия по сравнению с предыдущими точками. При высоте 576 м незначительно изменилась структура, уменьшилась плотность древостоя, но увеличилась обилие видов травянистых растений.

В точке №6 зарегистрировано 11 видов (табл.1). Жизненные формы: деревья, кустарники и травянистые растения. Ресурсное значение: древесина, лекарственные и декоративные растения [9]. Высокое проективное покрытие кустарникового яруса (70-80%). Высота (596 м) привела к увеличению обилия кустарников, однако общее количество видов осталось на уровне предыдущих точек.

При анализе высотной поясности можно отметить, что с увеличением высоты наблюдается увеличение видов в травяном ярусе и кустарниковом ярусе, однако обилие древесных растений остается стабильным. В некоторых точках наблюдается снижение общего количества видов, что может быть связано с условиями среды и конкуренцией между растениями. Экосистемы на исследуемых маршрутах демонстрируют высокий уровень биоразнообразия и устойчивости, однако необходимо учитывать влияние внешних факторов, таких как патогенные грибы и изменения климата, что требует постоянного мониторинга состояния флоры региона.

Выводы

В результате проведенного исследования видового разнообразия высших растений лесного сообщества северо-восточного отрога Горячинского хребта были сформулированы следующие выводы:

1. Исследование показало, что лесное сообщество Горячинского хребта характеризуется богатым видовым составом, представленным 37 видами высших растений из 17 семейств. Это указывает на значимость данной экосистемы для поддержания биологического разнообразия региона.

2. Наблюдается закономерность распределения видов в зависимости от высоты и экологических условий. С увеличением высоты над уровнем моря увеличивается количество видов в травяном и кустарниковом ярусах, в то время как обилие древесных растений остается стабильным или немного снижается.

3. Лесные сообщества демонстрируют четко выраженную ярусность и разнообразие жизненных форм, что свидетельствует о здоровом состоянии экосистемы. Тем не менее, некоторые точки показывают снижение общего числа видов, что может быть связано с конкуренцией и изменениями в окружающей среде.

4. Многие виды растений обладают значительным ресурсным потенциалом, включая древесину, съедобные плоды, декоративные и лекарственные растения, что подчеркивает важность их охраны и рационального использования.

5. Исследование подчеркивает важность постоянного мониторинга состояния флоры региона в условиях глобальных изменений климата и антропогенного воздействия, чтобы своевременно выявлять изменения в экосистемах и принимать меры по их сохранению.

Направления дальнейших исследований могут включать в себя:

1. Проведение регулярного экологического мониторинга для исследований с целью оценки динамики видового состава высших растений, в том числе редких видов растений [10], под действием антропогенных факторов и изменения климата.

2. Изучение генетического разнообразия и эволюционной истории видов высших растений в данной экосистеме для понимания процессов формирования растительных сообществ.

3. Оценка потенциальных возможностей использования растительных ресурсов в различных отраслях хозяйства и разработка рекомендаций по их рациональному использованию.

4. Изучение закономерностей распределения видов высших растений в других экосистемах, подобных северо-восточному отрогу Горячинского хребта, для выявления общих тенденций и разработки универсальных подходов к изучению растительного мира.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аненхонов О. А. Лесная растительность Западного Забайкалья и вероятные направления ее климатогенной динамики: дис. д-р. биол. наук: 03.02.01, 03.02.08. – Улан-Удэ, 2015. – 475 с.

2. Кривобоков Л. В. Синтаксономическая дифференциация растительности в системе высотной поясности: на примере Западного макросклона Икатского хребта, Западное Забайкалье): дис. канд. биол. наук.: 03.00.05. –Улан-Удэ, 2003. – 238 с.

3. Ермаков Н. Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Континентальные гемибореальные леса. Классификация и ординация. – Новосибирск, 2003. – 232 с.

4. Определитель растений Бурятии/Аненхонов О.А.,

Пыхалова Т.Д., Осипов К.И., Сэкулич И.Р., Бадмаева Н.К., Намзалов Б.Б., Кривобоков Л.В., Мункуева М.С., Суткин А.В., Тубшинова Д.Б., Тубанова Д.Я., - Улан-Удэ, 2001. – 672 с. 37 ил.

5. Доржиев Ц.З., Намзалов Б.Б. Байкал. Мир живой природы: фотоальбом. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. – 136 с.

6. Флора Сибири / Под ред. Л.И.Малышева. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987-1997. – Т.1-13.

7. Зарубин А.М., Иванова М.М., Ляхова И.Г. Новые данные о распространении сосудистых растений в Центральной Сибири // Бот.Жур., 1989. – Т.74, N 9. – С.1363-137 с.

8. Малышев Л.И. Лесной комплекс видов // Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). – Новосибирск: Наука, 1984. – с.85-146.

9. Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. Этноботанические исследования: справочник растений бурятской народной медицины. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2008. 183 с.

10. Намзалов Б.Б. Бурятия – край растительных парадоксов. Баргузинская долина // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. 2020. №2. С. 58-65.

REFERENCES

1. Anenkhonov O. A. Forest vegetation of Western Transbaikalia and probable directions of its climatogenic dynamics: dis. Doctor of Biology: 02/03/2011, 02/03/08. - Ulan-Ude, 2015. - 475 p.

2. Krivobokov L. V. Syntaxonomic differentiation of vegetation in the system of altitudinal zonation: on the example of the Western macroslope of the Ikat ridge, Western Transbaikalia): dis. cand. Biol. nauk.: 03.00.05. –Ulan-Ude, 2003. – 238 p.

3. Ermakov N. B. Diversity of boreal vegetation of Northern Asia. Continental hemiboreal forests. Classification and ordination. – Novosibirsk, 2003. – 232 p.

4. The determinant of the plants of Buryatia/Anenkhonov O.A., Pykhalova T.D., Osipov K.I., Sekulich I.R., Badmaeva N.K., Namzalov B.B., Krivobokov L.V., Munkuyeva M.S., Sutkin A.V., Tubshinova D.B., Tubanova D.Ya., - Ulan-Ude, 2001. – 672 p. 37 ill.

5. Dorzhiev Ts.Z., Namzalov B.B. Baikal. The world of wildlife: a photo album. – Ulan-Ude: Publishing House of the BNC SB RAS, 2001. – 136 p.

6. Flora of Siberia / Edited by L.I.Malyshev. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd., 1987-1997. – Vol.1-13.

7. Zarubin A.M., Ivanova M.M., Lyakhova I.G. New data on the distribution of vascular plants in Central Siberia // Bot.Journal., 1989. – Vol.74, N 9. – pp.1363-137 p.

8. Malyshev L.I. Forest complex of species // Features and genesis of

the flora of Siberia (Pre-Baikal and Transbaikalia). Novosibirsk: Nauka, 1984. pp.85-146.

9. Namzalov B.B., Baskhaeva T.G. Ethnobotanical research: handbook of plants of Buryat folk medicine. – Ulan-Ude: Publishing House of the Buryat State University, 2008. 183 p.

10. Namzalov B.B. Buryatia is a land of plant paradoxes. Barguzin Valley // Bulletin of the Buryat State University. Biology. Geography. 2020. No. 2. pp. 58-65.

Информация об авторах

А.А. Филиппов – студент бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

А.С. Ахмедьянова – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

А.Р. Маматаева – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

А.Д. Иванова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

С.С. Зверькова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

К.А. Шайдурова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

В.П. Янькова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

И.В. Дылгырова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

Т.Г. Басхаева – к.б.н., заведующий кафедрой ботаники, БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

Н.В. Суханова – д.б.н., заведующий кафедрой биоэкологии и биологического образования, БГПУ им. М. Акмиллы, Уфа.

Information about the authors

A.A. Filippov – undergraduate student in the direction of "Biology", profile "Bioecology", group B_BIO-31-22 BSPU named after. M. Akmully, Ufa;

A.S. Akhmedyanova – undergraduate student of the direction “Biology”, profile “Bioecology”, group B_BIO-31-22 BSPU named after. M. Akmully, Ufa;

A.R. Mamatayeva – undergraduate student of the direction “Biology”, profile “Bioecology”, group B_BIO-31-22 BSPU named after. M. Akmully, Ufa;

A.D. Ivanova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

S.S. Zverkova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

K.A. Shaidurova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

V.P. Yankova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

I.V. Dylgyrova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

T.G. Baskhaeva – Ph.D., Head of the Department of Botany, BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

N.V. Sukhanova – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Bioecology and Biological Education, BSPU named after. M. Akmully, Ufa.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации 18.12.2024.
The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication 18.12.2024.*

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 581.524.35

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-58-77

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ БОЛОТ БАРГУЗИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

*Алсу Ришатовна Якупова¹, Айсиля Халиловна Каримова²,
Анжелика Ильдаровна Максютлова³, Юрюзана Раилевна
Шарафутдинова⁴, Алиса Дмитриевна Иванова⁵, Ирина
Викторовна Дылгырова⁶, Татьяна Георгиевна Басхаева⁷,
Наталья Викторовна Суханова⁸*

*^{1,2,3,4,8}Башкирский государственный педагогический
университет им. М.Акмиллы, Уфа, Россия*

^{1,2,3,4,8}ayaku11@mail.ru

*^{5,6,7}Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова,
Улан-Удэ, Россия*

^{5,6,7}baskhaevatg@gmail.com

Аннотация. В данной статье изложены результаты изучения разнообразия видов растений болотного массива поймы реки Максимиха Баргузинского района Республики Бурятия, полученные летом 2024 года. Всего выявлено 44 вида растений на 3 типах болот. Работа проиллюстрирована 3 таблицами, 7 рисунками, список использованных источников включает 15 наименований.

Ключевые слова: видовое разнообразие, сфагновое болото, осоковое болото, тростниковое болото, озеро Байкал, маршрут, геоботанические описания

Для цитирования: Якупова А.Р., Каримова А.Х., Максютлова А.И., Шарафутдинова Ю.Р., Иванова А.Д., Дылгырова И.В., Басхаева Т.Г., Суханова Н.В. Изучение видового разнообразия высших растений болот Баргузинского района Республики Бурятия // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмиллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 58-77.

STUDY OF SPECIES DIVERSITY OF HIGHER PLANTS IN THE BARGUZINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

*Alsu Rishatovna Yakubova¹, Aisilya Khalilovna Karimova²,
Anzhelika Ildarovna Maksyutova³, Yuryuzana Railevna
Sharafutdinova⁴, Alisa Dmitrievna Ivanova⁵, Irina Viktorovna
Dylgyrova⁶, Baskaeva Tatyana Georgievna⁷, Sukhanova Natalya
Viktorovna⁸*

^{1,2,3,4,8} *Bashkir State Pedagogical University named after
M. Akmulla, Ufa, Russia*

^{1,2,3,4,8} *ayaku11@mail.ru*

^{5,6,7} *Buryat State University named after D. Banzarov, Ulan-Ude,
Russia*

^{5,6,7} *baskaevatg@gmail.com*

Abstract: This article presents the results of a study of the diversity of plant species in the wetland of the Maksimikha River floodplain in the Barguzin region of the Republic of Buryatia, obtained in the summer of 2024. A total of 44 plant species were identified in 3 types of swamps. The work is illustrated with 3 tables, 7 figures, the list of sources used includes 15 titles.

Keywords: species diversity, sphagnum bogs, sedge bogs, reed bogs, Lake Baikal, route, geobotanical descriptions

For citation: Yakupova A.R., Karimova A.Kh., Maksyutova A.I., Sharafutdinova Yu.R., Ivanova A.D., Dylgyrova I.V., Baskaeva T.G., Sukhanova N.V. Study of the species diversity of higher plants in the wetlands of the Barguzin region of the Republic of Buryatia // Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University named after. M. Akmulla. Series: Natural Sciences. 2024. No. 4. pp. 58-77.

Введение

Болота – неотъемлемая часть ландшафта. Они играют заметную роль в природе, имеют важное научное и хозяйственное значение. Болота оказывают положительное влияние на водный баланс местности, выполняя водоохранную и водозащитную функции. Многие реки берут начало в болотах. Вода болот менее загрязнена, чем вода других природных объектов [10].

Болотистая растительность представляет сложный комплекс из заболоченных лесов, торфянистых и болотистых лугов, кустарниковых сообществ с застойным и проточным увлажнением, гидрофильно-моховой растительности, эдификаторную роль которой играют сфагновые и гипновые болота.

Болотами принято называть растительные сообщества, господствующую роль в которых играют болотные и прибрежно-водные растения – гигрофиты. Болота характерны для территорий высокой влажности атмосферы и почвогрунтов. Эти территории расположены в котловине Байкала, практически по восточному побережью, в предгорьях гольцов Тункинских Альп и в долинах низовий больших рек.

Различают болота озерно-речного питания, болота грунтового питания или низинные эвтрофные, болота грунтово-атмосферного питания или мезотрофные и болота атмосферного питания или олиготрофные.

Основные отличительные особенности болотных местообитаний заключаются в следующем. Обильное увлажнение, всегда более повышенное и застойное по сравнению с не болотными местообитаниями. Обильному и застоному увлажнению болот способствуют высокая водоудерживающая способность торфа (его водопоглощаемость достигает 1300%) и его плохая водопроницаемость [8]. Недостаток кислорода, количество которого на болотах составляет в верхнем слое торфа от 0 до 12 мг/л, обусловлен избытком влаги, слабой проточностью и большими затратами кислорода на окислительные процессы, происходящие в верхних слоях торфяной залежи. Низкая теплопроводность, особенно характерная для сухих, пористых, слабо разложившихся торфов, обусловлена физическими свойствами торфа, обладающего значительной пористостью [2]. Бедность азотом и минеральными веществами. Субстрат болот, особенно верховых, крайне беден. Главными источниками минеральных веществ здесь являются атмосферные осадки и атмосферная пыль. Нарастание торфа является одной из существенных особенностей болотных местообитаний. Корневая система болотных растений полностью расположена в торфе. Для того чтобы растения могли дышать и питаться, их корневая система должна постоянно находиться у поверхности болота, в более обогреваемом, аэрированном и более богатом питательными веществами слое [4].

В торфе болот, действующих как фильтры, накапливается много вредных веществ, таких, например, как азот и фосфор. После осушения торфяники, в первую очередь те, что используются для нужд сельского хозяйства, выделяют эти вещества в форме нитратов и фосфатов, а они, в свою очередь, попадают в водоемы, например в Селенгу или сразу в Байкал. Дым горящих торфяников и их тления намного опаснее для человека, чем дым от лесного пожара. И даже если их потушить, в сельском хозяйстве, из-за осевших там вредных веществ типа бензопирена, их уже нельзя использовать [9]. В литературе встречается информация о разнообразии высших растений болот Бурятии [13], но мы не встретили информацию о растениях в пойме реки Максимиха.

Поэтому тема изучения высших растений пойменного болота является актуальной.

Целью исследования является выявление главных систематических, ресурсных, экологических особенностей видового состава болот данной местности.

Материалы и методы

Исследование видового разнообразия пойменных болот проводили в июне 2024 года в Баргузинском районе республики Бурятия в пойме реки Максимиха. Во время исследования были применены классические методы геоботанических описаний, определение видов проводили с помощью определителя высших растений Бурятской республики [11].

Исследовательскую работу начали с определения точек маршрута (рис.1). При выполнении геоботанических описаний указывали: координаты, высота над уровнем моря, ярусность, проективное покрытие растений, рельеф, состав опада.

При обнаружении незнакомого растения мы использовали следующие приемы:

- а) определяли на месте с использованием взятого с собой определителя;
- б) собирали растения в пакет для его последующего определения в стационаре;
- в) гербаризировали собранные растения.

Для гербаризации использовали: гербарную папку, пинцеты, газеты, перочинный нож, лопату, щётку для очистки, перчатки, пресс [15].

Гербарий применяли для исследования морфологии растений, их экологической, географической и индивидуальной изменчивости.



Рис. 1. Координаты исследованных болот: 1 – осоковое; 2 – тростниковое; 3 – сфагновое.

Результаты и их обсуждение

В районе исследования обнаружены 3 типа болот: осоковое, тростниковое и сфагновое.

Осоковые болота – располагаются в поймах рек и периодически заливаются их водами. Они имеют ровную, слабо наклоненную в сторону водоёма поверхность. Почти вся площадь занята травяно-осоковыми и осоковыми болотными участками – растениями, требующими обильного минерального питания. Флора осоковых болот представлена травянистыми растениями и низкими кустарниками, особенно семейства вересковые [2].

Геоботаническое описание осокового болота.

Координаты: 53.26.440 с.ш., 108 71.315 в.д. Высота над уровнем моря: 464 метра. Почва темноокрашенная. Хорошо выражен кустарниковый ярус. Максимальный возраст составляет 30 лет. Древесный ярус: высота деревьев максимальная – 8 метров, средняя – 6 метров. Диаметр ствола: максимальный – 15 см, средний – 8 сантиметров. Сомкнутость крон – 0,2 %. Высота прикрепления кроны – 2 метра. Расстояние между деревьями составляет 3 метра. Формула 1б+2л+2к+5с. Высота кустарников – 70 сантиметров. Травяной ярус представлен злаковыми. Моховый ярус образует сфагнум. Кочки высотой до 40 сантиметров, диаметр – 50 сантиметров. Крупно кочковатая поверхность, опад мёртвый. Сфагнум составляет 30% от всей площади. Пирогенная сукцессия составляет 50 лет. На рисунках 2 и 3 изображены виды, встреченные на исследуемой местности: водяника чёрная, багульник болотный. Видовой состав растений осокового болота представлен в таблице 1.



Рис. 2. Водяника (шикша) чёрная. Рисунок 3. Багульник болотный.

Таблица 1.

Видовой состав и ресурсное значение флоры осокового болота

Видовой состав	Семейство	Жизненные формы	Ресурсное значение	Трофность
Осока двудомная (<i>Carex dioica</i> L.) – доминант	Осоковые (<i>Cyperaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	Ценные кормовые травы, используются в фармакологии и декоративных целях	Мезотроф
Сфагнум (<i>Sphagnum</i> sp.)	Сфагновые (<i>Sphagnaceae</i>)	Однолетнее растение	Делают лекарства и косметику, применяют в качестве корма для животных, топлива, утеплителя строений, для озеленения ландшафтов и помещений	Олиготроф
Багульник болотный (<i>Rhododendron tomentosum</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелёный кустарник	В качестве декоративного растения, лекарственного сырья, в парфюмерии и дублений кож	Олиготроф
Шикша черная (<i>Empetrum nigrum</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелёный кустарничек	Лекарственных целях	Олиготроф
Брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелёный кустарничек	Медицине и кулинарии	Олиготроф

Клюква мелкоплодная (<i>Oxycoccus microcarpum</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелёный стелющийся кустарник	Медицине и кулинарии	Олиготроф
Клюква болотная (<i>Oxycoccus palustris</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелёный стелющийся кустарник	Медицине и кулинарии	Олиготроф

По таблице 1 видно, что на данном типе болота доминантом является осока двудомная, высоким видовым разнообразием представлено семейство вересковые. Большинство растений на этом болоте используются в медицине и кулинарии. Осоковое болото является олиготрофным, так как большая часть растений – олиготрофы, растения получают совсем мало питательных веществ, ровно столько, сколько поступает с атмосферными осадками – дождем и снегом. На болоте низкое видовое разнообразие растений.

Тростниковые болота – обычны для прирусловой части поймы. Растительность таких болот гомогенна. Гидрологический режим болот, связанный с деятельностью реки, обеспечивает формирование низинных залежей [5].

Геоботаническое описание тростникового болота.

Координаты: 53.26.379 с.ш., 108.71.689 в.д. Высота над уровнем моря – 471 м. Угол наклона составляет 3 градуса. Болото находится вместе с кедрово-сосновый-березовым лесом с подростом из ели и пихты. Поверхность ровная, нанорельеф слабо выражен, имеются мелкие кочки высотой 10-15 сантиметров, диаметр до 30 сантиметров. Между дернинами микропонижения заполненные водой. Водой заполнено 3%. Толщина опада составляет 15-20 сантиметров. Между кочками имеются листья, ветошь. Валежник составляет 5-7%. Травяной ярус составляет 25%, зелёные мхи – 25%. Имеются печеночники на мелких кочках. Некоторые интересные встреченные виды: росянка круглолистная (рис.4), вахта трёхлистная (рис.5), хамедафна болотная (рис.6).



Рис. 4. Росянка круглолистная



Рис. 5. Вахта трёхлистная



Рис. 6. Хамедафна болотная

Таблица 2.

Видовой состав и ресурсное значение флоры
тростникового болота

Видовой состав	Семейство	Жизненные формы	Ресурсное значение	Трофность
Осока двудомная (<i>Carex dioica</i> L.)	Осоковые (<i>Cyperaceae</i>)	Многолетнее растение	Использование в ландшафтном дизайне, медицине, промышленности	Мезотроф
Сфагнум (<i>Sphagnum</i> sp.)	Сфагновые (<i>Sphagnaceae</i>)	Однолетнее растение	Делают лекарства и косметику, применяют в качестве корма для животных, топлива, утеплителя строений, для озеленения ландшафтов и помещений	Олиготроф
Вахта трехлистная (<i>Menyanthes</i>)	Вахтовые (<i>Menyanthaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	Кормовое растений диких животных, и в медицине	Мезотроф

<i>trifoliata</i> L.)				
Борец северный (<i>Aconitum septentrio- nale</i> Koelle)	Лютиковые (<i>Ranunculaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В медицине как седативное средство	Мезотроф
Росянка круглолис тная (<i>Drosera rotundifoli a</i> L.)	Росьянковые (<i>Droseráceae</i>)	Многолетн ее насекомояд ное травянис- тое растение	Используется в медицине и ветеринарии	Олиготро ф
Смилацин а трехлиств ная (<i>Smilacina trifolia</i> (L.) Desf.)	Ландышевые (<i>Convallari- aceae</i>)	Однолетнее травянисто е растение	В декоративных целях	Олиготро ф
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i> L.)	Мятликовые (<i>Poaceae</i>)	Многолетн ее растение	Применяют в качестве корма для животных, газонное использование	Мезотроф
Лабазник шестилип естной (<i>Filipéndu la vulgáris</i> Moench)	Розовые (<i>Rosaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	Применяют в медицине, и качестве корма для сельскохозяйств енных животных в виде сена	Мезотроф
Княженик а обыкнове нная (<i>Rubus arcticus</i> L.)	Розовые (<i>Rosaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В кулинарии, медицине, и как корма для животных	Мезотроф

Грушанка круглолис- тная (<i>Pýrola rotundifóli- a L.</i>)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Многолетн ее цветковое растение	В медицине, и в качестве корма для диких животных	Мезотроф
Майник двулистн ый (<i>Maianthe tum bifolium (L.) F.W.Schm idt</i>)	Ландышевые (<i>Convallariace ae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В медицине, и в качестве корма для диких животных, а так же как декоративном плане	Мезотроф
Седмични- к европейск ий (<i>Trientalis europaéa L.</i>)	Первоцветные (<i>Primulaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В декоративном плане и в медицине	Мезотроф
Сосна сибирская (<i>Pínus sibírica Rupr.</i>)	Сосновые (<i>Pináceae</i>)	Дерево	В промышленност и, медицине, кулинарии и в садоводстве	Олиготро- ф
Пихта сибирская (<i>Ábies sibírica Ledeb.</i>)	Сосновые (<i>Pináceae</i>)	Дерево	В промышленност и и строительстве, медицине и в декоративном садоводстве	Мезотроф
Сосна обыкнове- нная (<i>Pinus sylvestris L.</i>)	Сосновые (<i>Pináceae</i>)	Дерево	В химической промышленност и, медицине, и в декоративном садоводстве	Олиготро- ф
Берёза повислая (<i>Betula</i>)	Берёзовые (<i>Betulaceae</i>)	Дерево	В качестве корма для диких животных, в	Олиготро- ф

<i>péndula</i> Roth.)			промышленност и и медицине	
Ольха кустарник овая (<i>Alnus fruticosa</i> Rupr)	Берёзовые (<i>Betulaceae</i>)	Многолетн ий кустарник	В качестве корма для диких животных, в промышленност и и медицине	Эвтроф
Перловни к поникаю щий (<i>Melica nutans</i> L.)	Злаки (<i>Poaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В качестве корма для животных, и в декоративном садоводстве	Мезотроф
Перловни к турчанин ова (<i>Melica turczanino wia</i> Ohwi)	Злаки (<i>Poaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	В декоративном садоводстве	Мезотроф
Вербейни к европейск ий (<i>Lysimachi a europaea</i> L.)	Первоцветные (<i>Primulaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	Декоративное значение	Мезотроф
Таволга обыкнове нная (<i>Filipéndu la vulgáris</i> Moench)	Рóзовые (<i>Rosaceae</i>)	Многолетн ее травянисто е растение	Медоносное значение, пищевое значение, в лекарственных целях	Эвтроф
Хамедафн а обыкнове нная (<i>Chamaed áphne calyculata</i>	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Многолетн ее растение	Медоносное значение	Олиготро ф

(L.) Moench)				
Пушица узколистная (<i>Eriophorum angustifolium</i> Honk.)	Осоковые (<i>Cyperaceae</i>)	Многолетнее злаковое растение	Служат пищей для диких животных, декоративное значение, бумажное производство	Мезотроф
Фиалка одноцветковая (<i>Viola uniflora</i> L.)	Фиалковые (<i>Violaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	Пищевое значение, используется в народной медицине	Мезотроф
Смилацина волосистая (<i>Smilacina hirta</i> Maxim.)	Ландышевые (<i>Convallariaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	Декоративное значение, используют для культивирования	Мезотроф
Подмаренник лесной (<i>Galium sylvaticum</i> L.)	Мареновые (<i>Rubiaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	В лекарственных целях, служат пищей для диких животных, красильное применение	Мезотроф
Вороний глаз (<i>Pāris quadrifolia</i> L.)	Мелантиевые (<i>Melanthiaceae</i>)	Многолетнее растение	Сушеные ягоды и листья применяются в народной медицине	Мезотроф
Рябина сибирская (<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.)	Розовые (<i>Rosaceae</i>)	Дерево	Медоносное значение, в лекарственных целях, декоративное значение, пищевое значение	Мезотроф

Тростник южный (<i>Phragmites australis</i>) (Cav) Trin.ex.Stend) – доминант	Злаки (<i>Poaceae</i>)	Корневищный многолетник	Сырьё для строительного материала, используется в народной медицине, применяют в качестве корма для животных	Эутроф
Осока ползучая (<i>Carex reptabunda</i>) (Trautv.)V.Krecz)	Осоковые (<i>Cyperaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	Кормовые пастбищные растения	Мезотроф

По таблице 2 можно сказать, что тростниковое болото обладает большим видовым разнообразием и представлено 30 видами. Доминантом являлся тростник южный. Преобладающие по числу видов семейства – мятликовые, розоцветные. Большинство растений используются в лекарственных и кормовых целях. В сообществе присутствуют эутрофные и олиготрофные растения, но больше всего мезотрофов, таким образом, болото можно считать мезотрофным.

Сфагновые болота – разновидность водно-болотных угодий, обычно верховых болот, преобладающие в умеренных широтах лесной и лесотундровой зон.

Сфагновые болота формируются во влажных низменностях и покрыты толстым покровом мхов рода Сфагнум (*Sphagnum*). Под слоем мха находятся в основном кислые бескислородные воды. Флора сфагновых болот представлена травянистыми растениями и низкими кустарниками, особенно семейства вересковые [12].

Геоботаническое описание сфагнового болота.

Координаты: 53.25.789 с.ш, 108.75.418 в.д. Высота над уровнем моря: 625 метров. Поверхность неровная. Болото находится вместе с лиственнично-сосновый лесом с примесью осины. Формула древостоя 2л+3о+5с. Высота деревьев: максимальная – 25 м, высота средняя составляет 20 м. Диаметр ствола: максимальный 60 см, диаметр средний составляет 25-30 см. Толщина опада составляет 15-20 см, то есть дождями не смывается. Состав опада: листва, хвоя, шишки, ветошь. Проективное покрытие кустарников – 85%. Высота кустарников: средняя – 0,5 метров. Валежник составляет 30%. Кустарники постоянно переходят в травяной ярус, ОПП составляет 85%.

Таблица 3.

Видовой состав и ресурсное значение флоры сфагнового болота

Видовой состав	Семейство	Жизненные формы	Ресурсное значение	Трофность
Осока двудомная (<i>Carex dioica</i> L.)	Осоковые (<i>Cyperaceae</i>)	Многолетнее растение	Ценные кормовые травы, используются в фармакологии и декоративных целях	Мезотроф
Сфагнум (<i>Sphagnum</i> sp.) – доминант	Сфагновые (<i>Sphagnaceae</i>)	Однолетнее растение	Делают лекарства и косметику, применяют в качестве корма для животных, топлива, утеплителя строений, для озеленения ландшафтов и помещений	Олиготроф
Борец северный (<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle)	Лютиковые (<i>Ranunculaceae</i>)	Многолетнее травянистое растение	В медицине как седативное средство	Мезотроф
Береза приземистая (<i>Betula humilis</i> Schrank.)	Берёзовые (<i>Betulaceae</i>)	Кустарник	В лекарственных и промышленных целях	Мезотроф
Сфагнум оттопыренный (<i>Sphagnum squarrosum</i> L.)	Сфагновые (<i>Sphagnaceae</i>)	Мох	Делают лекарства и косметику, применяют в качестве корма для	Мезотроф

			животных, топлива, утеплителя строений, для озеленения ландшафтов и помещений	
Шикша черная (<i>Empetrum nigrum</i> L.)	Вересковые (<i>Ericaceae</i>)	Вечнозелё ный кустарнич ек	В лекарственны х целях	Олиготро ф

По таблице 3 видно, что на сфагновом болоте доминантом является сфагнум, и по видовому разнообразию преобладает семейство сфагновые. Большинство растений на этом болоте используют как лекарственные и кормовые. Сфагновое болото является мезотрофным, так как большая часть растений – мезотрофы. На исследованном болоте наблюдалось низкое видовое разнообразие.

Выводы

В процессе изучения разнообразия флоры пойменных болот реки Максимиха Баргузинского района Республики Бурятия нами было обнаружено 3 типа болот: сфагновое, тростниковое и осоковое, выявлены главные систематические, ресурсные и экологические особенности видового состава перечисленных болот.

Определено 44 вида высших растений. Доминантные по числу видов семейства исследованных болот – вересковые, осоковые, мятликовые, сфагновые.

Проведён ресурсный анализ видового разнообразия. Большая часть видов имеют лекарственное значение. Значительное количество видов применяется в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Некоторые растения используются в строительстве, кулинарии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): Болота [Электронный ресурс] : <https://kenozero.ru/o-parke/prirodnoe-nasledie/bolota/>.

2. Книга, имеющая более трёх авторов: Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим [Текст] / Канд. техн. наук С.М. Новиков, д-р геогр. наук К.Е. Иванов, канд. геогр. наук Е.А. Романова и др.]; Под ред. К.Е. Иванова, С.М. Новикова; Гидрол. ин-т. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – 447 с.

3. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): Болотное царство Прибайкалья [Электронный ресурс]:

<https://1baikal.ru/priroda/bolotnoe-tsarstvo-pribaykalya?ysclid=m1tkznobir918547276>.

4. Боч Марина Сергеевна. Экосистемы болот СССР: научное издание / М.С. Боч, В.В. Мазинг; отв. ред. В.И. Василевич; Академия наук [АН] СССР. Ботанический институт им. В.Л.Комарова. – Ленинград: Наука, Ленингр. отделение, 1979. – 187 с.

5. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): Волкова Е. М. О типах болот Среднерусской возвышенности // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2017. – №4 (12). – С. 29-38 [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-tipah-bolot-srednerusskoy-vozvshennosti?ysclid=m3oq65jicg86718454>

6. Монография одного автора: Вомперский С.Э. Болото // Большая российская энциклопедия. М., 2005. – Т. 3. – С. 733-736.

7. Монография одного автора: Денисенков В.П. Основы болотоведения: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2000. – 224 с. ISBN 5-288-02181-3.

8. Монография одного автора: Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах / К. Е. Иванов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – 213 с.

9. Статья из сборника научных статей: Инишева Л.И., Маслов С.Г. Роль торфяных ресурсов в стратегии устойчивого развития. Труды Инсторфа. – 2013. – №8(61). – 24С.3-10.

10. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): Классификация болот [Электронный ресурс]: <https://studfile.net/preview/1076350/page:3/>.

11. Книга, имеющая более трёх авторов: Определитель растений Бурятии / Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д., Осипов К.И., Сэкулич И.Р., Бадмаева Н.К., Намзалов Б.Б., Кривобоков, Л.В., Мункуева М.С., Суткин А.В., Тубшинова Д.Б., Тубанова Д.Я. – Улан-Удэ, 2001. – 672 с.

12. Монография одного автора: Пешкова Г. А. Степная флора Байкальской Сибири / АН СССР. Сиб. отд-ние. Сиб. ин-т физиологии и биохимии растений. – Москва: Наука, 1972. – 207 с.

13. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): Сфагновые болота [Электронный ресурс]: Материал из РУВИКИ – свободной энциклопедии: Версия 124768350, сохранённая в 03:37 UTC 13 августа 2022 / Авторы РУВИКИ // РУВИКИ, свободная энциклопедия. – Электрон. дан. – М: РУВИКИ, 2022. – Режим доступа: <https://ru.ruwiki.ru/?curid=2516658&oldid=124768350>.

14. Книга, имеющая более трёх авторов: Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Рупышев Ю.А., Хитров Н.Б. Почвенно-растительный покров болот и заболоченных понижений в зоне влияния термальных полей Баргузинского рифта // Природа Внутренней Азии. Nature of

Inner Asia. 2019. № 3(12). С. 37–53. DOI: 10.18101/2542-0623-2019-3-37-53.

15. Ссылка на электронный ресурс (статья в Интернете): ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений [Электронный ресурс]: <https://vilarnii.ru/>.

16. Книга трёх авторов: Эркенова М.А., Айбазова Ф.У., Семенова Р.Б. Полевая практика по ботанике: учебное пособие для обучающихся по специальности 33.05.01 «Фармация» / М.А. Эркенова, Ф.У. Айбазова, Р.Б. Семенова. – Черкесск: БИЦ СКГА, 2023. – 132 с.

REFERENCES

1. Link to an electronic resource (article on the Internet): Bogs [Electronic resource]: <https://kenozero.ru/o-parke/prirodnoe-nasledie/bolota/>.

2. A book with more than three authors: The marshes of Western Siberia, their structure and hydrological regime [Text] / Candidate of Technical Sciences S.M. Novikov, Doctor of Geological Sciences K.E. Ivanov, Candidate of Geological Sciences E.A. Romanova, etc.]; Edited by K.E. Ivanov, S.M. Novikova; Hydrol. in-T. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1976. – 447 p.

3. Link to an electronic resource (article on the Internet): The swamp kingdom of the Baikal region [Electronic resource]: <https://1baikal.ru/priroda/bolotnoe-tsarstvo-pribaykalya?ysclid=m1tkzno6ir918547276>.

4. Boch Marina Sergeevna. Ecosystems of swamps of the USSR: scientific edition / M.S. Boch, V.V. Mazing; ed. V.I. Vasilevich; Academy of Sciences of the USSR. V.L. Komarov Botanical Institute. – Leningrad: Nauka, Leningr. Department, 1979. – 187 p.

5. Link to an electronic resource (article on the Internet): Volkova E. M. On the types of swamps of the Central Russian upland // Bulletin of the Bryansk branch of the Russian Botanical Society. – 2017. – №4 (12). – P. 29-38 [Electronic resource]: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-tipah-bolot-srednerusskoy-vozvysheynosti?ysclid=m3oq65jicg86718454>.

6. A monograph by one author: Vompersky S.E. Boloto // The Great Russian Encyclopedia. M., 2005. – Vol. 3. – P. 733-736.

7. Monograph by one author: Denisenkov V.P. Fundamentals of bolotovedenie: Textbook. – St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University. 2000. – 224 p. ISBN 5-288-02181-3.

8. Monograph by one author: Ivanov K. E. Water exchange in swamp landscapes / K. E. Ivanov. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1975. – 213 p.

9. Article from the collection of scientific articles: Inisheva L.I.,

Maslov S.G. The role of peat resources in the strategy of sustainable development. The works of Instorf. – 2013. – №8 (61). – P.3-10.

10. Link to an electronic resource (article on the Internet): Classification of swamps [Electronic resource]: <https://studfile.net/preview/1076350/page:3/>.

11. A book with more than three authors: Determinant of plants of Buryatia / Anenkhonov O.A., Pykhalova T.D., Osipov K.I., Sekulich I.R., Badmaeva N.K., Namzalov B.B., Krivobokov, L.V., Munkueva M.S., Sutkin A.V., Tubshinova D.B., Tubanova D.Ya. – Ulan-Ude, 2001. – 672 p.

12. Monograph by one author: Peshkova G. A. Steppe flora of Baikal Siberia / Academy of Sciences of the USSR. Siberian Branch. Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry. – Moscow: Nauka, 1972. – 207 p.

13. Link to an electronic resource (article on the Internet): Sphagnum marshes [Electronic resource]: Material from the RUVIKI – free encyclopedia: Version 124768350, saved at 03:37 UTC on August 13, 2022 / Authors of RUVIKI // RUVIKI, free encyclopedia. – Electron. dan. – Moscow: RUVIKI, 2022. – Access mode: <https://ru.ruwiki.ru/?curid=2516658&oldid=124768350>.

14. A book with more than three authors: Ubugunov V.L., Ubugunova V.I., Rupyshev Yu.A., Khitrov N.B. Soil and vegetation cover of swamps and swampy depressions in the zone of influence of thermal fields of the Barguzin rift // Nature of Inner Asia. Nature of Inner Asia. 2019. No. 3(12). P. 37-53. DOI: 10.18101/2542-0623-2019-3-37-53.

15. Link to an electronic resource (article on the Internet): FSBI All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants [Electronic resource]: <https://vilarnii.ru/>.

16. The book by three authors: Erkenova M.A., Aibazova F.U., Semenova R.B. Field practice in botany: a textbook for students in the specialty 05/33.01 "Pharmacy" / M.A. Erkenova, F.U.Aibazova, R.B. Semenova. – Cherkessk: BIC SKGA, 2023. – 132 p.

Информация об авторах

А.Р. Якупова – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

А.Х. Каримова – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

А.И. Максютова – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22 БГПУ им. М.Акмиллы, Уфа;

Ю.Р. Шарафутдинова – студентка бакалавриата направления «Биология», профиль «Биоэкология», группы Б_БИО-31-22

БГПУ им. М.Акмуллы, Уфа;

А.Д. Иванова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

И.В. Дылгырова – студентка бакалавриата направления «Биология», биологический профиль, группы 02520 БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

Т.Г. Басхаева – канд.биол.наук, заведующий кафедрой ботаники, БГУ им. Д. Банзарова, Улан-Удэ;

Н.В.Суханова – д-р биол. наук, заведующий кафедрой биоэкологии и биологического образования, БГПУ им. М. Акмуллы, Уфа.

Information about the authors

A.R. Yakupova – undergraduate student of the direction "Biology", profile "Bioecology", groups B_BIO-31-22 BSPU named after M.Akmulla, Ufa;

A.H. Karimova – undergraduate student of the direction "Biology", profile "Bioecology", groups B_BIO-31-22 BSPU named after M.Akmulla, Ufa;

A.I. Maksyutova – undergraduate student of the direction "Biology", profile "Bioecology", groups B_BIO-31-22 BSPU named after M.Akmulla, Ufa;

Yu.R.Sharafutdinova – undergraduate student of the direction "Biology", profile "Bioecology", groups B_BIO-31-22 BSPU named after M.Akmulla, Ufa;

A.D. Ivanova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

I.V. Dylgyrova – undergraduate student of the direction “Biology”, biological profile, group 02520 BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

T.G. Baskhaeva – Ph.D., Head of the Department of Botany, BSU named after. D. Banzarova, Ulan-Ude;

N.V. Sukhanova – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Bioecology and Biological Education, BSPU named after. M. Akmully, Ufa.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2024; принята к публикации 18.12.2024.
The article was submitted 21.11.2024; accepted for publication 18.12.2024.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-78-86

Дурна Бабек гызы Агамалиева¹, Вафа Гидаят гызы Бабаева²
*^{1,2}Институт нефтехимических процессов Министерства науки
и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан,
nuraybabayeva2008@gmail.com*

ЦИКЛОБУТАНКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ

Аннотация. Циклобутанкарбоновые кислоты в зависимости от количества карбоксильных групп главным образом подразделяются на циклобутанкарбоновую и циклобутандикарбоновую кислоты, а также их функциональнозамещенные производные. Преимущественно эти соединения находят широкое применение в качестве биологически активных соединений и главным образом, используются в фармакохимии и фармацевтике. В этой работе нами рассмотрены наиболее основные результаты исследований в области синтеза и определения областей применения этих соединений.

Ключевые слова: циклобутанкарбоновые кислоты, медицинские препараты, амид циклобутанкарбоновой кислоты, коферменты

Для цитирования: Агамалиева Д.Б., Бабаева В.Г. Циклобутанкарбоновые кислоты и их азотсодержащие производные // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмоллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 79-86.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Durna Babek Aghamaliyeva¹, Vafa Hidayat Babayeva²
*^{1,2}Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and
Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan,
nuraybabayeva2008@gmail.com*

CYCLOBUTANE CARBOXYLIC ACIDS AND ITS NITROGEN CONTAIN DERIVATIVES

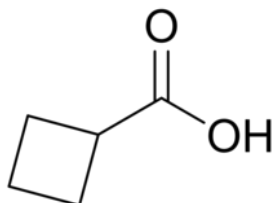
Abstract. Cyclobutanecarboxylic acids, depending on the number of carboxyl groups, are mainly divided into cyclobutanecarboxylic and cyclobutanedicarboxylic acids, as well as their functionally substituted derivatives. These compounds are mainly widely used as biologically active compounds and are mainly used in pharmacochemistry and pharmaceuticals. In this paper, we consider the most basic results of research in the field of synthesis and determination of areas of application of these compounds.

Keywords: cyclobutanecarboxylic acids, medical preparations, cyclobutanecarboxylic acid amide, coenzymes

For citing: Aghamaliyeva D.B., Babayeva V.H. Cyclobutane carboxylic acids and its nitrogen contain derivatives // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. №4. pp. 78-86.

Циклобутанкарбоновые кислоты в зависимости от количества карбоксильных групп главным образом подразделяются на циклобутанкарбовую и циклобутандикарбовую кислоты, а также их функциональнозамещенные производные. Преимущественно эти соединения находят широкое применение в качестве биологически активных соединений и главным образом, используются в фармакохимии и фармацевтике. В этой работе нами рассмотрены наиболее основные результаты исследований в области синтеза и определения областей применения этих соединений.

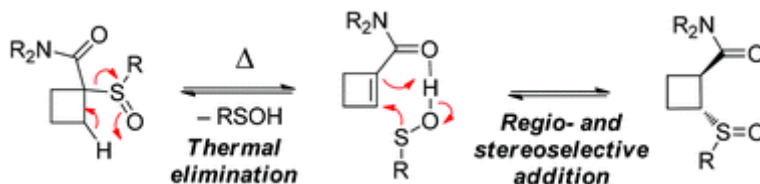
Циклобутанкарбовая кислота представляет собой органическое соединение с формулой $C_4H_7CO_2H$. Это бесцветная нелетучая жидкость с молярной массой 100 г/моль, температурой плавления (минус) $7,5^{\circ}C$, температурой кипения $191-193^{\circ}C$. Ее можно получить декарбоксилированием 1,1-циклобутандикарбовой кислоты. Эта кислота является промежуточным веществом в органическом синтезе, например, она является предшественником циклобутиламина.



циклобутановая кислота

Так, в работе [5] разработана оригинальная тандемная реакция, состоящая из процесса термического элиминирования-присоединения. Высокозамещенные производные β -сульфинилциклобутанкарбовой кислоты были получены из изомерных α -сульфинильных производных

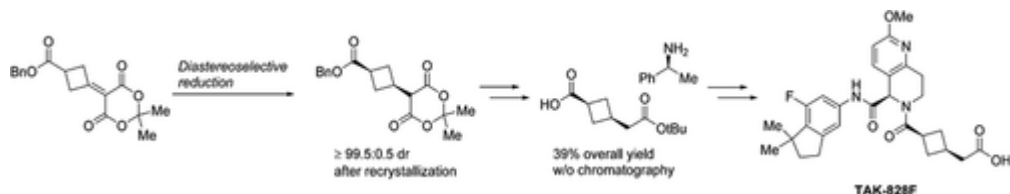
в одной операции с хорошими и высокими выходами и с высокой *транс*-диастереоселективностью.



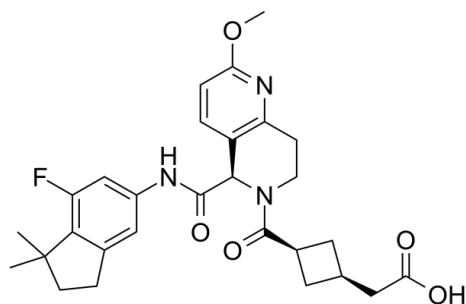
Расширение ассортимента электрофилов с уникальными характеристиками реактивности облегчит разработку ковалентных ингибиторов с желаемыми профилями реактивности [1]. В данной работе авторы представляют карбоксильный амид бицикло[1.1.0]бутана (BCB) как новый класс тиол-реактивных электрофилов для селективного и необратимого ингибирования целевых белков. Сначала авторы оптимизировали синтетические пути для получения различных амидов BCB. Управляемое напряжением нуклеофильное присоединение к амидам BCB протекало хемоселективно с цистеиновыми тиолами в нейтральных водных условиях, скорость которого была значительно ниже, чем у акриламида. Этот профиль реактивности амида BCB был успешно использован для разработки ковалентных лигандов, нацеленных на тирозинкиназу Брутона (ВТК). Настраивая реактивность амида BCB и оптимизируя его расположение на лиганде, авторы получили селективный ковалентный ингибитор ВТК. Профилирование белка на основе активности в геле и химическая протеомика на основе масс-спектрометрии показали, что выбранный амид BCB имел более высокую целевую селективность для ВТК в клетках человека, чем зонд-акцептор Михаэля. Дальнейшее химическое протеомное исследование показало, что зонды ВТК, несущие различные классы электрофилов, демонстрировали различные профили вне цели. Этот результат предполагает, что включение амида BCB в качестве электрофила, направленного на цистеин, может расширить возможности разработки ковалентных ингибиторов с желаемым профилем реактивности протеома.

Разработан масштабируемый синтез *цис*-1,3-дизамещенного циклобутанкарбонового кислотного каркаса ТАК-828F, включающий диастереоселективное восстановление производного циклобутилиденовой кислоты Мелдрума с NaBH_4 [7]. Контроль кислотных примесей имел решающее значение для улучшения диастереомерного соотношения путем перекристаллизации. Кроме того, оптимизация реакции и рационализация нескольких этапов создали масштабируемый метод синтеза, свободный от очистки

колоночной хроматографией, с общим выходом, улучшенным с 23 до 39%.



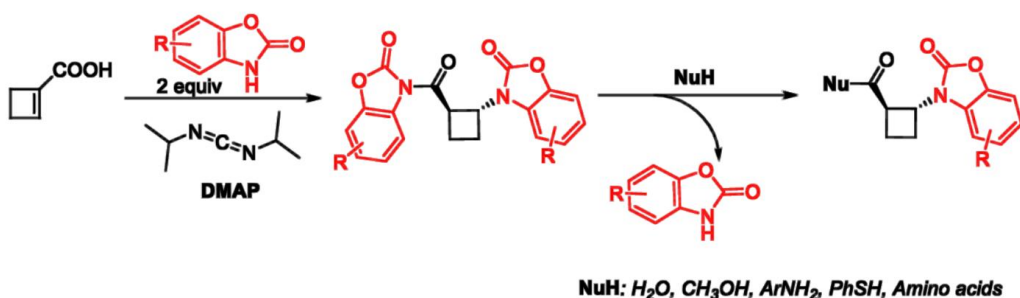
ТАК-828F — это мощный, селективный и перорально доступный обратный агонист рецептора-сироты γ ($ROR\gamma$), связанный с рецептором ретиноевой кислоты ($IC_{50}\gamma = 1,9$ нМ, IC_{50} генерепортера $_{50} = 6,1$ нМ). ТАК-828F демонстрирует превосходную селективность к изоформам $ROR\gamma$ (>5000 -кратная селективность против человеческих $ROR\alpha$ и $ROR\beta$) [10].



ТАК-828F

Циклобутановые β -аминокислоты являются полезными строительными блоками, например, для построения пептидомиметиков (небольших цепочек, предназначенных для имитации пептида) и спиральных фолдамеров (цепочечных молекул, которые складываются в упорядоченное состояние в растворе) [1]. Однако синтетические методики получения таких молекул остаются довольно ограниченными и чаще всего опираются на стратегии циклоприсоединения [2+2]. Общей процедурой получения β -аминокислот является присоединение по Михаэлю азотных нуклеофилов к ненасыщенным эфирам, но для производных циклобутана это пока не было разработано. Авторы этой работы разработали новый метод тандемного амидирования/присоединения Михаэля для объединения бензоксазолона и циклобутен-1-карбоновой кислоты, что приводит к производным β -N-гетероциклического циклобутанкарбоксимиды с транс-структурой. Авторы начали с циклобутен-1-карбоновой кислоты, которая прореагировала с производными бензо[d]оксазол-2(3H)-она и 4-

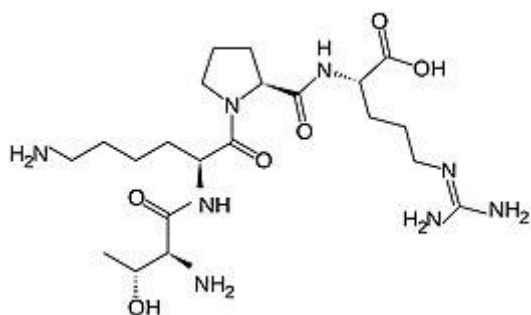
диметиламинопиридином (DMAP) для получения β -N-гетероциклических циклобутанкарбоксимидов. Эти продукты могут служить полезными промежуточными продуктами для дальнейших преобразований, поскольку они легко реагируют с различными нуклеофилами (на фото выше справа). Это обеспечивает доступ к разнообразным производным транс- β -N-гетероциклической циклобутанкарбоновой кислоты, включая пептидомиметические структуры.



Мочевина, гидразид и амидные производные циклобутанкарбоновой кислоты были исследованы на предмет свойств угнетения центральной нервной системы, потенцирования сна, вызванного барбитуратами, миорелаксирующей, антитремориновой и противосудорожной активности [10]. Производные мочевины обладают свойствами угнетения центральной нервной системы, в то время как гидразины и гетероциклические амиды либо неактивны, либо обладают возбуждающими свойствами центральной нервной системы. N,N'-о-метоксибензилиденбисциклобутанкарбоксамид и 1,3-дицикло-бутанкарбонил-2-тиомочевина являются миорелаксантами; 1-циклобутанкарбонил-3-аллилмочевина антагонизирует судороги, вызванные метразолом; 1,3-дициклобутанкарбонил-2-тиомочевина и N-циклобутанкарбонилморфолин антагонизируют тремор, вызванный треморином.

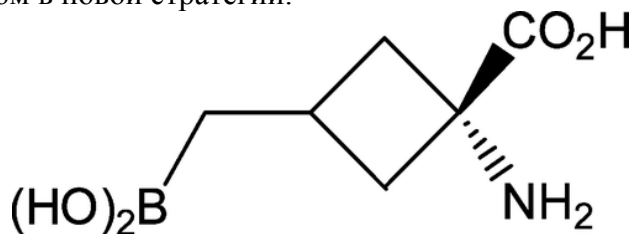
Были синтезированы четыре новые 2,4-метаноаминокислоты (МАО, 1-аминоциклобутан-1-карбоновые кислоты). К ним относятся основные аналоги лизина, орнитина и аргинина, а также нейтральный метановалин, родственный пролину [3,7]. Вышеуказанные МАО, а также аналог гомотреонина, были включены в пептидную цепь иммуномодулирующего пептида тафтсина, Thr-Lys-Pro-Arg, который, как известно, усиливает несколько биологических активностей, опосредованных фагоцитарными клетками. Синтетические аналоги метано-тафтсина были исследованы на их способность стимулировать секрецию интерлейкина-6 (ИЛ-6) перитонеальными макрофагами

мышь и на их стабильность в сыворотке человека по отношению к ферментативной деградации. Было обнаружено, что при 2×10^{-7} М [MThr1]тафтсин и изомер [MVal3]тафтсин были значительно более активны, чем родительский пептид в усилении высвобождения цитокинов. [MOgn2]тафтсин был одинаково активен. Аналоги [MThr1]тафтсин и [MOgn2]тафтсин, оба относящиеся к протеолитически чувствительной связи Thr-Lys тафтсина, проявили высокую устойчивость к ферментативному гидролизу по сравнению с тафтсином. Использование специфических кроличьих антител против тафтсина в конкурентном иммуноферментном анализе (ELISA) показало, что ни один из аналогов МАА не может перекрестно реагировать с тафтсином. Это может указывать на то, что пептиды принимают глобальные структуры, отличные от структуры тафтсина.



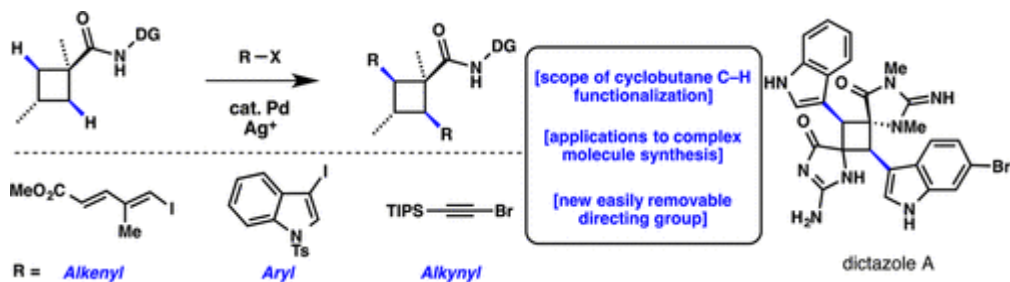
тафтсин

Новая борированная аминокислота была синтезирована для потенциального использования в бор-нейтронной захватной терапии [5]. Начиная с легкодоступного 3-(бромметил)циклобутанонового кетала, были оценены несколько синтетических путей к целевому продукту. После нескольких безуспешных попыток с традиционными синтетическими методами была разработана новая синтетическая стратегия для получения новой борированной циклической аминокислоты. Устойчивость гидантоиновой группы к условиям реакции элиминирования селеноксида при получении алкенильного соединения оказалась ключевым шагом в новой стратегии.



Применение логики функционализации C–H к целевому синтезу обеспечивает захватывающее новое место для разработки новых и полезных стратегий в органической химии [4]. В этой статье

реакции функционализации С–Н изучаются как альтернативный подход к доступу к псевдодимерным природным продуктам циклобутана, таким как семейства диктазола и пиперарборенина. Использование этих стратегий в различных сложных условиях подчеркивает тонкие геометрические, стерические и электронные эффекты, играющие роль во вспомогательной направляемой функционализации С–Н циклобутанов.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Barranco S., Cuccu F., Liu D., Robin S. β -N-Heterocyclic Cyclobutane Carboximides: Synthesis Via a Tandem Base-Catalyzed Amidation/aza-Michael Addition Protocol and Facile Transformations // *Eur. J. Org. Chem.* – 2023. – N 2. – Pp. 316-322
2. Ghisu L., Melis N., Serusi L., Luridiana A. Synthesis of β -sulfinyl cyclobutane carboxylic amides *via* a formal α to β sulphoxide migration process // *Organic and Biomolecular Chemistry.* – 2019. – Vol. 17. – N 25. – Pp. 6143-6147
3. Gershonov E., Granoth R., Tzehoval E., Gaoni Y. 1-Aminocyclobutanecarboxylic Acid Derivatives as Novel Structural Elements in Bioactive Peptides: Application to Tuftsin Analogs // *Journal of Medicinal Chemistry.* – 1996. – Vol. 39. – N 24. – Pp. 4833-4843
4. Gutekunst W., Baran P. Applications of C–H Functionalization Logic to Cyclobutane Synthesis // *J. Org. Chem.* – 2014. – Vol. 79. – N 6. – Pp. 2430-2452
5. Kabalka G.W., Yao M-L. Synthesis of 1-Amino-3-[(dihydroxyboryl)methyl]-cyclobutanecarboxylic Acid as a Potential Therapy Agent // *J. Org. Chem.* – 2004. – Vol. 69. – N 24. – Pp. 8280-8286
6. Majima K., Yamano K. Diastereoselective Synthesis of a *cis*-1,3-Disubstituted Cyclobutane Carboxylic Acid Scaffold for TAK-828F, a Potent Retinoic Acid Receptor-Related Orphan Receptor (ROR)- γ T Inverse Agonist // *J. Org. Chem.* – 2021. – Vol. 86. – N 17. – Pp. 11464-11471
7. Radchenko D.S., Michurin O., Grygorenko O., Komarov I.V. Confining the X space of basic natural amino acids: Cyclobutanederived

X1, X2-constrained analogues of arginine, lysine and ornithine // *Tetrahedron*. – 2013. – Vol. 69. – N 2. – Pp. 505-512

8. Shibata A., Uqa K., Sato T., Saqara M. Pharmacological inhibitory profile of TAK-828F, a potent and selective orally available ROR γ t inverse agonist // *Biochem. Pharmacol.* – 2018. – Vol. 150. – Pp. 35-40

9. Tokunaga K., Sato M., Kuwata K., Chizuru M. Bicyclobutane Carboxylic Amide as a Cysteine-Directed Strained Electrophile for Selective Targeting of Proteins // *J. Amer. Chem. Soc.* – 2020. – Vol. 142. – N 43. – Pp. 18522-18531

10. Zirvi K.S., Jarboe C.H. Synthesis and neuropharmacology of cyclobutanecarboxylic acid derivatives // *Farmac Sci.* – 1976. – Vol. 31. – N 2. – Pp. 152-158

REFERENCES

1. Barranco S., Cuccu F., Liu D., Robin S. β -N-Heterocyclic Cyclobutane Carboximides: Synthesis Via a Tandem Base-Catalyzed Amidation/aza-Michael Addition Protocol and Facile Transformations // *Eur. J. Org. Chem.* – 2023. – N 2. – Pp. 316-322

2. Ghisu L., Melis N., Serusi L., Luridiana A. Synthesis of β -sulfinyl cyclobutane carboxylic amides *via* a formal α to β sulphoxide migration process // *Organic and Biomolecular Chemistry*. – 2019. – Vol. 17. – N 25. – Pp. 6143-6147

3. Gershonov E., Granoth R., Tzehoval E., Gaoni Y. 1-Aminocyclobutanecarboxylic Acid Derivatives as Novel Structural Elements in Bioactive Peptides: Application to Tuftsin Analogs // *Journal of Medicinal Chemistry*. – 1996. – Vol. 39. – N 24. – Pp. 4833-4843

4. Gutekunst W., Baran P. Applications of C–H Functionalization Logic to Cyclobutane Synthesis // *J. Org. Chem.* – 2014. – Vol. 79. – N 6. – pp 2430-2452.

5. Kabalka G.W., Yao M-L. Synthesis of 1-Amino-3-[(dihydroxyboryl)methyl]-cyclobutanecarboxylic Acid as a Potential Therapy Agent // *J. Org. Chem.* – 2004. – Vol. 69. – N 24. – pp. 8280-8286

6. Majima K., Yamano K. Diastereoselective Synthesis of a *cis*-1,3-Disubstituted Cyclobutane Carboxylic Acid Scaffold for TAK-828F, a Potent Retinoic Acid Receptor-Related Orphan Receptor (ROR)- γ t Inverse Agonist // *J. Org. Chem.* – 2021. – Vol. 86. – N 17. – pp. 11464-11471

7. Radchenko D.S., Michurin O., Grygorenko O., Komarov I.V. Confining the X space of basic natural amino acids: Cyclobutanederived X1, X2-constrained analogues of arginine, lysine and ornithine // *Tetrahedron*. – 2013. – Vol. 69. – N 2. – pp. 505-512.

8. Shibata A., Uqa K., Sato T., Saqara M. Pharmacological inhibitory profile of TAK-828F, a potent and selective orally available

RORγt inverse agonist // Biochem. Pharmacol. – 2018. – Vol. 150. – pp. 35-40.

9. Tokunaga K., Sato M., Kuwata K., Chizuru M. Bicyclobutane Carboxylic Amide as a Cysteine-Directed Strained Electrophile for Selective Targeting of Proteins // J. Amer. Chem. Soc. – 2020. – Vol. 142. – N 43. – pp. 18522-18531

10. Zirvi K.S., Jarboe C.H. Synthesis and neuropharmacology of cyclobutanecarboxylic acid derivatives // Farmaco Sci. – 1976. – Vol. 31. – N 2. – pp. 152-158.

Информация об авторах

Д.Б. Агамалиева – канд. химических наук, завед. лаборатории «Ингибиторы коррозии и консервационные жидкости» ИНХП МНО Азербайджана;

В.Г. Бабаева – канд. химических наук, стар. н.с. лаборатории «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана.

Information about the author

D.B. Aghamaliyeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Corrosion inhibitors and conservation liquids" IPCP MES of Azerbaijan;

V. H. Babayeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan.

Статья поступила в редакцию 29.11.2024; принята к публикации 26.12.2024.

The article was submitted 12.08.2024; accepted for publication 26.12.2024

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-87-101

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ЦИКЛОГЕКСАН(ЕН)ОВОГО РЯДА

Вафа Гидаят гызы Бабаева

Институт нефтехимических процессов Министерства науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан, nuraybabayeva2008@gmail.com[©]

Аннотация. В работе представлены результаты исследований в области синтеза, изучения свойств и областей применения азотсодержащих производных карбоновых кислот циклогексанового ряда, в частности их амиды, нитрилы, гидразиды и другие соединения. Отмечается, что наиболее известными и практически чаще используемыми являются циклогексанкарбоновая и циклогександикарбоновая кислоты.

Ключевые слова: циклогексановая кислота, производные циклогексанового ряда, циклогександикарбоновая кислота, амиды, нитрилы

Для цитирования: Бабаева В.Г. Азотсодержащие производные карбоновых кислот циклогексанового ряда // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 87-101.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Vafa Hidayat Babayeva

Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, nuraybabayeva2008@gmail.com

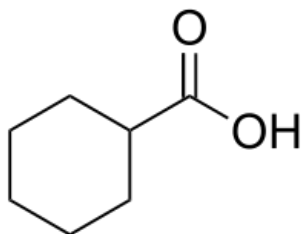
NITROGEN CONTAIN DERIVATIVES OF CARBOXYLIC ACIDS OF CYCLOHEXAN(EN)E SERIES

Abstract. The paper presents the results of research in the field of synthesis, study of properties and areas of application of nitrogen-containing derivatives of carboxylic acids of the cyclohexane series, in particular their amides, nitriles, hydrazides and other compounds. It is noted that the most well-known and practically most often used are cyclohexanecarboxylic and cyclohexanedicarboxylic acids.

Keywords: cyclohexane acid, derivatives of the cyclohexane series, cyclohexanedicarboxylic acid, amides, nitriles

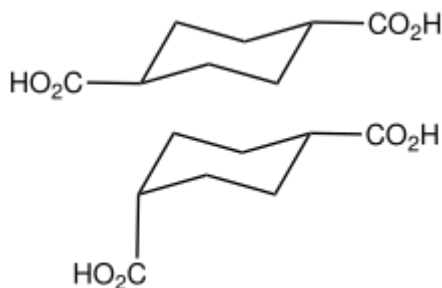
For citing: Babayeva V.H. Nitrogen contain derivatives of carboxylic acids of cyclohexan(en)e series // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. №4. pp. 87-101.

Циклогексанкарбоновая кислота представляет собой органическое соединение с формулой $C_6H_{11}CO_2H$. Это бесцветная вязкая жидкость, которая кристаллизуется при температуре, близкой к комнатной. Ее получают путем гидрирования бензойной кислоты. Циклогексанкарбоновая кислота является предшественником нейлона-6 - капролактама посредством его реакции с нитрозилсерной кислотой. Циклогексанкарбоновая кислота проявляет реакции, типичные для карбоновых кислот, включая ее превращение в хлорангидрид циклогексанкарбонилхлорид.



циклогексанкарбоновая кислота

1,4-Циклогександикарбоновая кислота включает в себя пару органических соединений с формулой $C_6H_{10}(CO_2H)_2$. Группы CO_2H присоединены к противоположным углеродным центрам циклогексанового кольца. Эти группы могут быть *цис*- или *транс*-. Известны и другие изомеры циклогександикарбоновой кислоты, но наибольший интерес представляют 1,4-изомеры, возможно, потому, что их можно получить из товарного химиката. В частности, гидрирование терефталевой кислоты дает указанное в заголовке соединение: $C_6H_4(CO_2H)_2 + 3 H_2 \rightarrow C_6H_{10}(CO_2H)_2$.



1,4-циклогександикарбоновая кислота

Транс-изомер был более тщательно изучен. Он был исследован как предшественник поликарбонатов и как строительный блок для металлоорганических каркасов.

Перед тем, как перейти в работам по синтезу амидов циклогексанкарбоновых кислот, необходимо вспомнить образование названия амидов соответствующих кислот. Названия ИЮПАК и общепринятые названия амидов получены от исходной карбоновой кислоты путем замены суффикса «oic acid» и «ic acid» соответственно на «amide». В следующем примере название ИЮПАК этанамид получено от этановой кислоты, а общепринятое название ацетамид получено от уксусной кислоты.

ИЮПАК:	Этановая кислота	Этанамид
Общий:	уксусная кислота	Ацетамид

Алкильные группы, связанные с атомом азота амидов, обозначаются как *N*-алкил или *N,N*-диалкил, при этом группы перечислены в алфавитном порядке. Например, если атом азота связан с метильной группой, то название по ИЮПАК — *N*-метилэтанамид, а общепринятое название — *N*-метилацетамид. Если атом азота присоединен к двум идентичным группам, например, к двум метильным группам, то название по ИЮПАК — *N,N*-диметилэтанамид, а общепринятое название — *N,N*-диметилацетамид. Однако если эти две группы различны, например, метильная группа и этильная группа, то название по ИЮПАК — *N*-этил-*N*-метилэтанамид, а общепринятое название — *N*-этил-*N*-метилацетамид.

ИЮПАК:	<i>N</i> - Метилэтанамид	<i>N,N</i> - диметилэтанамид	<i>N</i> -этил- <i>N</i> - метилэтанамид
Общий:	<i>N</i> - Метилацетамид	<i>N,N</i> - диметилацетамид	<i>N</i> -этил- <i>N</i> - метилацетамид

Когда амидная группа присоединяется к кольцу, суффикс «карбоновая кислота» заменяется на «карбоксамид». Например, если амидная группа связана с циклогексаном, полученное соединение называется циклогексанкарбоксамид, полученный из исходной циклогексанкарбоновой кислоты.

ИЮПАК:	Циклогексанкарбоновая кислота	Циклогексанкарбоксамид
Общий:	Циклогексанкарбоновая кислота	Циклогексанкарбоксамид

Так, в патенте [618] описаны способы получения нитрилов или амидов 2-арил-1-аминоалкилциклогексанкарбоновой кислоты и их производных показано их применение в качестве антиаритмических средств, которые представляют собой широкую категорию лекарственных препаратов, помогающих облегчить спектр сердечных аритмий, поддерживая нормальный ритм и проводимость в сердце.

В патентах [6,9] описано изобретение, которое обеспечивает синтетические пути получения различных изомеров охлаждающих жидкостей на основе ментиловых эфиров и производных амида циклогексанкарбоновой кислоты, в частности, замещенные в амидном азоте, например, ароматическим кольцом или арильной группой. Такие структуры обладают высокой охлаждающей способностью и длительным сенсорным эффектом, что делает их полезными в широком спектре потребительских товаров. Один синтетический путь включает катализируемое медью связывание первичного ментанкарбоксамид с арилгалогенидом, такая реакция лучше всего работает в присутствии фосфата калия и воды.

В статье [7] описывается синтез и антибактериальная активность новых производных гидразона, полученных из 4-(4-хлорфенил)-циклогексанкарбоновой кислоты. Гидразоны можно представить общей формулой вида $R^1R^2C=NNR^3R^4$, где R^2, R^3, R^4 — органический радикал или атом водорода. Все девятнадцать новых синтезированных производных гидразона были оценены на их антибактериальную активность *in vitro* против *Staphylococcus aureus* и *S. pyogenes* (грамположительные бактерии) и *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa* (грамотрицательные бактерии). Данные по антибактериальной активности показали, что базовый каркас с $R =$ азотным гетероциклическим кольцом, таким как пиридин, хинолин, имидазол и индол, показал значительную антибактериальную активность (отличную активность), тогда как гетероциклическое кольцо, такое как бензо[b]фуран, фуран, тиофен, показало хорошую антибактериальную активность.

Синтез гетероциклического производного амида (циклогексанкарбоксамид) путем четырехкомпонентного

взаимодействия с участием формальдегида, N-фенетил)формамида, циклогексанкарбоновой кислоты и Креатинина в качестве источника амина описан в работе [4]. Эта реакция является практическим продолжением реакции Уги. Производные были получены с другими каталитическими агентами при температуре (-10°C), а органический синтез контролировался с помощью ТСХ [тонкослойной хроматографии] и образование конечного соединения подтверждалось спектрами ядерного магнитного резонанса ^1H NMR, ^{13}C NMR BRUKER (500 МГц, CDL_3), (125 МГц, CDL_3 и инфракрасными спектрами FTIR (shimadzu).

Разработан метод получения поликарбоновых кислот циклогексанового ряда: гексагидрофталевой, гексагидроизофталевой, гексагидротерефталевой, гексагидротримеллитовой, гексагидропиромеллитовой [15,5]. При синтезе использовано жидкофазное каталитическое гидрирование. Гексагидрофталевый ангидрид применен для получения N-замещенных моноамидов циклогександикарбоновой кислоты и N-арилциклогексанкарбоксамидов.

Сообщается [9], что N-замещенные амиды эндо-3-(3-метилтио-1,2,4-триазол-5-ил)бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2-карбоновой кислоты и 1-(5-метилтио-1,2,4-триазол-3-ил)циклогексан-2-карбоновой кислоты были получены реакцией конденсации эндо-S-метил-N¹-(бицикло[2.2.1]гепт-5-ен-2,3-дикарбонил)изотиосемикарбазида и S-метил-N¹-(циклогексан-2,3-дикарбонил)изотиосемикарбазида с первичными аминами. Синтезированные соединения были проверены на их микробиологическую и фармакологическую активность.

Некоторые новые органические соединения типа: цис,цис-1,3,5-трис(X)циклогексан, где X= -CONH(CH₂)₂NH₂, -CONH(CH₂)₃NH₂, -CONH(CH₂)₂NCH -C₆H₄OH, CONH(CH₂)₃NCHC₆H₄OH, которые, как ожидается, будут функционировать как потенциальные полидентатные хелаторы, были синтезированы из 1,3,5-бензолтрикарбоновой кислоты посредством многостадийных реакций. 1,3,5-бензолтрикарбоновая кислота была восстановлена до цис,цис-1,3,5-трис(этилкарбоксилат)циклогексана, который при реакции с избытком 1,2-диаминоэтана и 1,2-диаминопропана дал два новых соединения. Конденсация полученных производных с тремя эквивалентами салицилальдегида привела к образованию двух новых соединений основания Шиффа. Все соединения были охарактеризованы с помощью комбинации элементного анализа, масс-спектрологии, ИК-, УФ-видимой, ^1H ЯМР и ^{13}C ЯМР спектроскопии [8].

Серия новых C₂-симметричных (1S,2S)-циклогексан-1,2-дикарбоксамидов была синтезирована из (1S,2S)-циклогексан-1,2-дикарбонилдихлорида и N-бензилзамещенных ароматических аминов, которые были получены из 2-аминопиридина, 2-хлоранилина и 2-

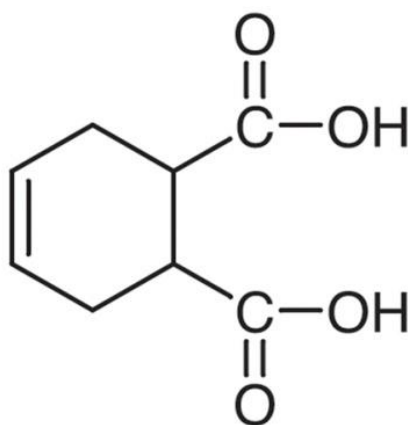
аминофенола путем образования имина с бензальдегидом и последующего восстановления с помощью NaBH_4 [1]. (1*S*,2*S*)-*N,N'*-Дибензил-*N,N'*-бис[2-(бензилокси)фенил]циклогексан-1,2-дикарбоксамид был преобразован в (1*S*,2*S*)-*N,N'*-дибензил-*N,N'*-бис(2-гидроксифенил)циклогексан-1,2-дикарбоксамид путем гидрогенолиза в присутствии $\text{Pd}(\text{OH})_2$ на порошке активированного угля.

В работе [2] исследованы структуры амидной карбоновой кислоты с открытой цепью *рац-цис-2*-[(2-метоксифенил)карбамоил]циклогексан-1-карбоновой кислоты, $\text{C}_{15}\text{H}_{19}\text{NO}_4$, (I), и циклических имидов *рац-цис-2*-(4-метоксифенил)-3*a*,4,5,6,7,7*a*-гексагидроизоиндол-1,3-диона, $\text{C}_{15}\text{H}_{17}\text{NO}_3$, (II), хиральной *цис-3*-(1,3-диоксо-3*a*,4,5,6,7,7*a*-гексагидроизоиндол-2-ил)бензойной кислоты, $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{NO}_4$, (III), и моногидрате *рац-цис-4*-(1,3-диоксо-3*a*,4,5,6,7,7*a*-гексагидроизоиндол-2-ил)бензойной кислоты, $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{NO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, (IV). В амидной кислоте (I) фенилкарбамоильная группа по существу плоская [максимальное отклонение от плоскости наименьших квадратов = 0,060 (1) Å для атома O амида], и молекулы образуют дискретные centrosymmetric димеры посредством межмолекулярных циклических карбокси-карбокси O-H...O водородных связей [графическое обозначение R(2)(2)(8)]. Циклические имиды (II)-(IV) конформационно схожи, с сопоставимыми вращениями бензольного кольца вокруг имидной связи N-C(ar) [двугранные углы между бензольным и изоиндольным кольцами = 51,55 (7)° в (II), 59,22 (12)° в (III) и 51,99 (14)° в (IV)]. В отличие от (II), в котором присутствует только слабая межмолекулярная водородная связь C-H...O(имид), кристаллическая упаковка имидов (III) и (IV) показывает сильные межмолекулярные ассоциации водородных связей карбоновой кислоты O-H...O. В случае (III) они включают акцепторы атомов O имиды, что дает одномерные зигзагообразные цепи [граф-набор C(9)], тогда как в случае моногидрата (IV) водородная связь включает частично разупорядоченную молекулу воды, которая также связывает молекулы как через акцепторы атомов O имиды, так и через акцепторы атомов O карбоксила в циклической ассоциации R(4)(4)(12), что дает двумерную листовую структуру. Представленные здесь структуры расширяют структурную базу данных для соединений этого ряда, образованных в результате простой реакции ангидрида *цис*-циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты с замещенными анилинами, в которых наблюдается гораздо большая частота циклических имидов по сравнению с амидными карбоновыми кислотами.

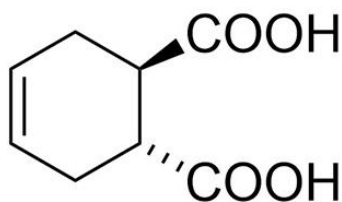
Определены структуры соединений, полученных в результате реакции ангидрида *цис*-циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты с 4-хлоранилином [*рац-2*-[(4-хлорфенил)карбамоил]-*цис*-циклогексан-1-карбоновой кислотой] (1), 4-броманилином [*2*-(4-бромфенил)-3*a*,4,5,6,7,7*a*-гексагидроизоиндол-1,3-дионом] (2) и 3-карбокси-4-

гидроксианилином (5-аминосалициловой кислотой) [2-(3-карбокси-4-гидроксифенил)-3а,4,5,6,7,7а-гексагидроизоиндол-1,3-дионом] (3) при 200 К [14]. Кристаллы амидкарбоновой кислоты с открытой цепью 1 являются орторомбическими, пространственной группой $Pbcn$, с размерами элементарной ячейки $a = 20,1753(10)$, $b = 8,6267(4)$, $c = 15,9940(9)$ Å и $Z = 8$. Соединения 2 и 3 являются циклическими имидами, причем 2 моноклинных имеют пространственную группу $P21$ и $Z = 4$, с размерами ячейки $a = 11,5321(3)$, $b = 6,7095(2)$, $c = 17,2040(5)$ Å, $\beta = 102,527(3)^\circ$. Соединение 3 является орторомбическим, пространственная группа $P212121$ с $Z = 4$ и размерами ячейки $a = 6,4642(3)$, $b = 12,8196(5)$, $c = 16,4197(7)$ Å. Молекулы 1 образуют водородно-связанные циклические димеры карбоновой кислоты [графический набор R 22(8)], которые расширяются в двумерную слоистую структуру посредством ассоциаций амидных групп: 3 образует одномерные зигзагообразные цепи посредством водородных связей атома О карбоновой кислоты...имида, в то время как соединение 2 по существу не ассоциировано. С обоими циклическими имидами 2 и 3 обнаружен беспорядок, который включает наличие частичной энантиомерной замены *цис*-1,2-замещенных циклогексановых кольцевых систем. Структуры амидной карбоновой кислоты с открытой цепью и двух циклических имидов из простой реакции ангидрида *цис*-циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты с 4-хлор-, 4-бром- и 3-карбокси-4-гидроксианилином соответственно сообщаются вместе с их моделями водородных связей.

В циклогексеновом ряду для дикарбоновых кислот также характерна *транс*- и *цис*-изомерия



цис-циклогексен-1,2-дикарбоновая кислота

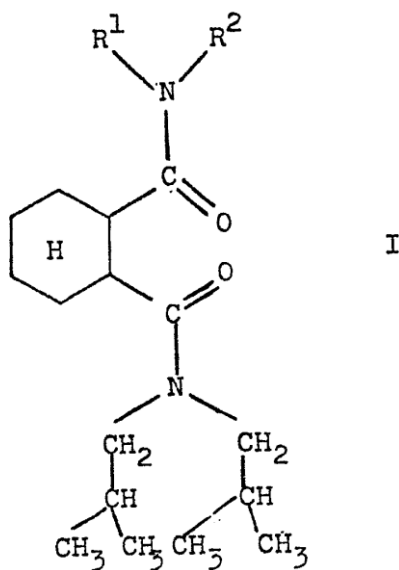


(±)-trans-4-Cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid

транс-циклогексендикарбоновая кислота

Структура N-фениламида 1-(3-этилтио-1,2,4-триазол-5-ил)-4-циклогексен-2-карбоновой кислоты была определена с помощью спектроскопии ЯМР ^1H и рентгеновской кристаллографии. $\text{C}_{17}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{OS}$ (328,4) является моноклинной, пространственная группа P1121/b с размерами элементарной ячейки $a = 11,530(1)\text{Å}$, $b = 9,685(4)\text{Å}$, $c = 16,486(2)\text{Å}$, $\gamma = 111,74(2)^\circ$, $V = 1710,1(3)\text{Å}^3$, $Z = 4$, $D_{\text{calc.}} = 1,276\text{ г см}^{-3}$. Триазольная группа и N-фениламид являются син-ориентированными заместителями циклогексенового кольца. Относительная конфигурация в асимметричных центрах циклогексена C(1') и C(2') энантиомерных молекул в рацемическом кристалле (1SR, 2RS). Молекулы в кристаллической структуре образуют ленты посредством межмолекулярных водородных связей N-H \cdots O и N-H \cdots N. Наблюдаются селективные взаимодействия между триазол \cdots триазольными и амид \cdots амидными фрагментами альтернативно расположенных (R,S) и (S,R) энантиомеров [17].

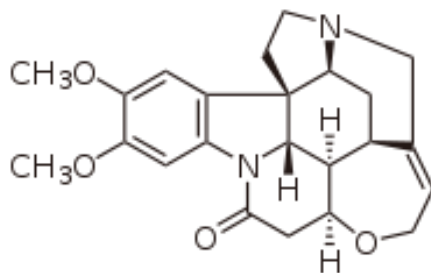
В патенте [3] сообщается, что циклогексанкарбоксамиды нижеприведенной формулы I



образуют липофильные комплексы с ионами лития и обладают высокой селективностью к ионам лития по сравнению с ионами других щелочных металлов и ионами щелочноземельных металлов. Они могут быть использованы в качестве ион-чувствительных компонентов тестовых устройств для обнаружения ионов лития и в качестве ион-селективных компонентов ион-чувствительных мембран. Используя эти мембраны, можно определять ионы лития в концентрации менее одного ммоль в жидкостях организма, содержащих около 140 ммоль солей натрия и, кроме того, другие соли щелочных металлов и соли щелочноземельных металлов в обычно мешающих количествах.

Аналогичные исследования также проводились в работе [11].

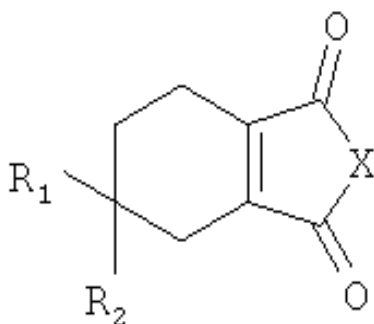
Структура полученной в соотношении 1:1 соли бруциния циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты, 2,3-диметокси-10-оксострихнинидиния (1R,2S)-2-карбоксиклогексан-1-карбоксилата дигидрата, выявила разделенный (1R,2S) энантиомер кислоты.



бруцин

Кристаллы соединения орторомбические, пространственная группа P212121, с размерами элементарной ячейки $a = 8,1955(3)$, $b = 12,4034(3)$, $c = 29,9073(9)$ Å и $Z = 4$. Асимметричная единица состоит из катиона бруциния, аниона цис-циклогексан-1,2-дикарбоксилата водорода, в котором карбоксилатная группа разупорядочена по двум сайтам (58, 42%), и двух молекул воды сольватации, одна из которых занимает два сайта с 50% занятостью. Классические волнообразные подструктуры катиона бруциния присутствуют с анионом и молекулами воды, занимающими интерстициальные полости, и связаны с ними водородными связями в двумерной сетчатой структуре. Графическая аннотация Определение структуры гидратной соли цис-циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты с переносом протона в соотношении 1:1 с бруцином выявило наличие энантиомерной формы (1R,2S) кислоты в структуре с водородными связями [12].

В патенте [16] предложен способ получения производных 1-циклогексан-1,2-дикарбоновых кислот общей формулы I:



I

где: $R_1, R_2 = \text{H}, \text{CH}_3, \text{C}_6\text{H}_5$; $X = \text{O}, \text{NH}$,

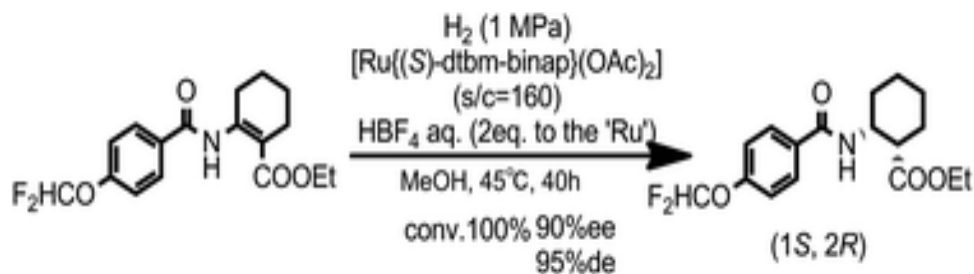
Предложенный метод заключается в том, что расплав соответствующего производного циклогексан-1,2-дикарбоновой кислоты подвергают действию брома в присутствии катализатора - амида карбоновой кислоты: N,N-диметилформамида или N-метил-2-пирролидона. Бром в количестве 1,04-1,10 моль на 1 моль исходного соединения прибавляют к нагретому до 100-120°C расплаву соответствующего производного циклогексан-1,2-дикарбоновых кислоты, содержащего катализатор в количестве 0,045-0,051 моль на 1 моль исходного соединения, с последующей выдержкой реакционной массы при 145-200°C.

Исследованы новые реакции диэтил-4-гидрокси-4-метил-2-арил-6-оксоциклогексан-1,3-дикарбоксилатов и его производных с азотными нуклеофилами [19]. На основе многокомпонентной конденсации названных дикарбоксилатов с тиосемикарбазидом

и фенацилбромидом разработан метод получения соответствующих тиазольных производных. По результатам реакций продукта дегидратации 4-гидрокси-4-метил-2-арил-6-оксоциклогексан-1,3-дикарбоксилатов с 2-цианацетогидразидом констатировано образование новых енаминных производных. На примере реакции этил-3,6-дигидрокси-6-метил-4-фенил-4,5,6,7-тетрагидро-2Н-индазол-5-карбоксилата с фенацилбромидом в кипящем ацетоне в присутствии K_2CO_3 доказано образование этил-6-гидрокси-6-метил-3-(2-оксо-2-фенилэтокси)-4-фенил-4,5,6,7-тетрагидро-2Н-индазол-5-карбоксилата. Выявлены закономерности, связанные с регионаправленностью и хемоселективностью проведенных реакций.

В работе [13] определены кристаллические структуры 1-аминоциклогексан-1-карбоновой кислоты (Н-Ассб-ОН) и шести производных (включая дипептиды). Циклогексановые кольца во всех структурах принимают почти идеальную конформацию кресла. Аминогруппа занимает аксиальное положение в шести структурах; свободная аминокислота является единственным примером, где карбонильная группа занимает аксиальное положение. Значения, определенные для торсионных углов вокруг связей N-C α (φ) и C α -CO (ψ), соответствуют складчатым, потенциально спиральным конформациям для остатка Ассб.

Методология асимметричного каталитического гидрирования была применена к синтезу производных 2-[N-(4-дифторметокси)бензоиламино]циклогексанкарбоновой кислоты [10]. В ходе оптимизации было обнаружено, что хиральные комплексы дикарбоксилата Ru(II) эффективно работают с кислотной добавкой, водным раствором HBF_4 . Что касается хирального лиганда, DTBM-BINAP показал наилучший результат с полной конверсией и самой высокой стереоселективностью. Также были установлены практические условия для асимметричного гидрирования, подавляющие количество катализатора, и синтез в масштабе нескольких килограммов был успешно достигнут.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ismiev A.I., Gulieva N.A., Nagiev F.N., Magerramov A.M. Sintez novykh azotsoderzhashchih proizvodnyh dietil- 4-gidroksi-4-metil-2-aril-6-oksociklogeksan-1,3- dikarboksilatov // Himicheskie problemy. – 2016. – № 1. – S. 1-6.
2. Baral M., Kanungo B.K., Moore P. Synthesis of cis, cis-1,3,5-trisubstituted cyclohexane based chelators with polyfunctional pendant arms // Journal of Chemical Research. – 2005. – Vol. 1. – pp. 43-45.
3. Betnev A.F., Obukhova T.A., Budanov N.A., Kolpashchikova I.S. Synthesis of polycarboxylic acids of cyclohexane series and their derivatives // Russian Journal of Organic Chemistry. – 1999. – Vol. 35. – N4. – pp. 519-521.
4. Betnev A.F., Obukhova T.A., Budanov N.A., Kolpashchikova I.S. Synthesis of polycarboxylic acids of cyclohexane series and their derivatives // ChemInform. – 2010. – Vol. 31. – N 7. – pp. 136-138.
5. Eppakayala L. Synthesis and Biological Evaluation of 4-(4-Chlorophenyl)cyclohexane Carbohydrazide Derivatives as Anti-Bacterial Agents // Asian Journal of Chemistry. – 2015. – Vol. 27. – N 6. – pp. 2267-2273.
6. Godt H.C., Anzenberger J.F., Freerks M.C. Half amides and imides of cis-cyclohexane-1,2-dicarboxylic acid and cis-4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid // Journal of Chemical and Engineering Data. – 1968. – Vol. 13. – N 1. – pp. 138-140.
7. Hashim O.S. Synthesis and Characterization of Heterocyclic Amide Derivative via Ugi Reaction // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. – 2018. – Vol. 13. – N 5. – pp. 70-75.
8. Kajivara T., Konishi T., Yamano M. Asymmetric catalytic hydrogenation for large scale preparation of optically active 2-(N-benzoylamino)cyclohexanecarboxylic acid derivatives // Catalysis Science and Technology. – 2012. – Vol. 2. – N 10. – pp. 2146-2152.
9. Pachuta-Stec A., Kosikowska U., Chodkowska A., Jagiello-Wojtowicz E. Biological Activity of Novel N-Substituted Amides of endo-3-(3-Methylthio-1,2,4-triazol-5-yl)bicyclo[2.2.1]hept-5-ene-2-carboxylic Acid and N-Substituted Amides of 1-(5-Methylthio-1,2,4-triazol-3-yl)cyclohexane-2-carboxylic Acids // Zeitschrift fur Natueforschung. – 2014. – Vol. 67. – N 3-4. – pp. 123-128.
10. Pat. 0134889A2. EP. 1984. Cyclohexane carboxylic acids and derivatives thereof as antidysrhythmic agents.
11. Pat. 20100076080A1. US. 2009. Synthesis of Cyclohexane Derivatives Useful as Sensates in Consumer Products.
12. Pat. 0174572A2. EP. 1984. Cyclohexane-1,2-dicarboxylic amides, ionic-selectives membranes and test apparatus containing these compounds.

13. Pat. 2459815C1. RU. 2011. Способ получения производных 1-циклогексен-1,2-дикарбоновых кислот
14. Pat. 2318356B1. EP. 2009. Synthesis of Cyclohexane Derivatives Useful as Sensates in Consumer Products
15. Smith G., Wermuth U.D. Hydrogen bonding in cyclic imides and amide carboxylic acid derivatives from the facile reaction of cis-cyclohexane-1,2-carboxylic anhydride with o- and p-anisidine and m- and p-aminobenzoic acids // *Acta Crystallogr. C.* – 2012. – Vol. 68. – N 9. – pp. 327-331.
16. Smith G., Wennuth U. Cyclic Imide and Open-Chain Amide Carboxylic Acid Derivatives from the Facile Reaction of cis-Cyclohexane-1,2-Dicarboxylic Anhydride with Three Substituted Anilines // *Journal of Chemical Crystallography.* – 2012. – Vol. 42. – N 10. – pp. 131-138.
17. Smith G., Wermuth U., Williams M. Resolution of the Chiral (1R,2S) Enantiomer of cis-Cyclohexane-1,2-dicarboxylic Acid in the Brucinium Salt 2,3-Dimethoxy-10-oxostrychnidinium (1R,2S)-2-carboxycyclohexane-1-carboxylate Dihydrate // *Journal of Chemical Crystallography.* – 2012. – Vol. 42. – N 6. – pp. 171-177.
18. Valle G., Crisma M., Toniolo C., Sen N. Crystallographic characterization of the conformation of the 1-aminocyclohexane-1-carboxylic acid residue in simple derivatives and peptides // *Journal of the Chemical Society. Perkin Transactions 2.* – 1988. – Vol. 2. – N 3. – pp. 393-398.
19. Wawrzycka I., Koziol A.E., Walesa G. Synthesis and properties of N1-(1,2,3,6-tetrahydrophthaloyl)semi- and thiosemicarbazides. II. Chiral N-substituted amides of 1-(3-ethylthio-1,2,4-triazol-5-yl)-4-cyclohexene-2-carboxylic acid // *Zeitschrift für Kristallographie – Crystalline Materials.* – 2009. – Vol. 215. – N 12. – pp. 367-372.
20. Zhou Ch., Jiayi X. Synthesis of New C₂-Symmetric Chiral Bisamides from (1S,2S)-Cyclohexane-1,2-dicarboxylic Acid // *Helvetica.* – 2014. – Vol. 97. – N 10. – pp. 1396-1405.

REFERENCES

1. Исмиев А.И., Гулиева Н.А., Нагиев Ф.Н., Магеррамов А.М. Синтез новых азотсодержащих производных диэтил- 4-гидрокси-4-метил-2-арил-6-оксоциклогексан-1,3- дикарбоксилатов // *Химические проблемы.* – 2016. – № 1. – С. 1-6
2. Baral M., Kanungo B.K., Moore P. Synthesis of cis, cis-1,3,5-trisubstituted cyclohexane based chelators with polyfunctional pendant arms // *Journal of Chemical Research.* – 2005. – Vol. 1. – pp. 43-45.
3. Betnev A.F., Obukhova T.A., Budanov N.A., Kolpashchikova I.S. Synthesis of polycarboxylic acids of cyclohexane series and their derivatives // *Russian Journal of Organic Chemistry.* – 1999. – Vol. 35. – N 4. – pp. 519-521.

4. Betnev A.F., Obukhova T.A., Budanov N.A., Kolpashchikova I.S. Synthesis of polycarboxylic acids of cyclohexane series and their derivatives // *ChemInform.* – 2010. – Vol. 31. – N 7. – pp. 136-138.
5. Eppakayala L. Synthesis and Biological Evaluation of 4-(4-Chlorophenyl)cyclohexane Carbohydrazide Derivatives as Anti-Bacterial Agents // *Asian Journal of Chemistry.* – 2015. – Vol. 27. – N 6. – pp. 2267-2273.
6. Godt H.C., Anzenberger J.F., Freerks M.C. Half amides and imides of cis-cyclohexane-1,2-dicarboxylic acid and cis-4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid // *Journal of Chemical and Engineering Data.* – 1968. – Vol. 13. – N 1. – pp. 138-140.
7. Hashim O.S. Synthesis and Characterization of Heterocyclic Amide Derivative via Ugi Reaction // *Eurasian Journal of Analytical Chemistry.* – 2018. – Vol. 13. – N 5. – pp. 70-75.
8. Kajivara T., Konishi T., Yamano M. Asymmetric catalytic hydrogenation for large scale preparation of optically active 2-(N-benzoylamino)cyclohexanecarboxylic acid derivatives // *Catalysis Science and Technology.* – 2012. – Vol. 2. – N 10. – pp. 2146-2152.
9. Pachuta-Stec A., Kosikowska U., Chodkowska A., Jagiello-Wojtowicz E. Biological Activity of Novel N-Substituted Amides of endo-3-(3-Methylthio-1,2,4-triazol-5-yl)bicyclo[2.2.1]hept-5-ene-2-carboxylic Acid and N-Substituted Amides of 1-(5-Methylthio-1,2,4-triazol-3-yl)cyclohexane-2-carboxylic Acids // *Zeitschrift fur Natueforschung.* – 2014. – Vol. 67. – N 3-4. – pp. 123-128.
10. Pat. 0134889A2. EP. 1984. Cyclohexane carboxylic acids and derivatives thereof as antidysrhythmic agents.
11. Pat. 20100076080A1. US. 2009. Synthesis of Cyclohexane Derivatives Useful as Sensates in Consumer Products.
12. Pat. 0174572A2. EP. 1984. Cyclohexane-1,2-dicarboxylic amides, ionic-selective membranes and test apparatus containing these compounds
13. Pat. 2459815C1. RU. 2011. Способ получения производных 1-циклогексен-1,2-дикарбоновых кислот.
14. Pat. 2318356B1. EP. 2009. Synthesis of Cyclohexane Derivatives Useful as Sensates in Consumer Products.
15. Smith G., Wermuth U.D. Hydrogen bonding in cyclic imides and amide carboxylic acid derivatives from the facile reaction of cis-cyclohexane-1,2-carboxylic anhydride with o- and p-anisidine and m- and p-aminobenzoic acids // *Acta Crystallogr. C.* – 2012. – Vol. 68. – N 9. – pp. 327-331.
16. Smith G., Wennuth U. Cyclic Imide and Open-Chain Amide Carboxylic Acid Derivatives from the Facile Reaction of cis-Cyclohexane-1,2-Dicarboxylic Anhydride with Three Substituted Anilines // *Journal of Chemical Crystallography.* – 2012. – Vol. 42. – N 10. – pp. 131-138.

17. Smith G., Wermuth U., Williams M. Resolution of the Chiral (1R,2S) Enantiomer of cis-Cyclohexane-1,2-dicarboxylic Acid in the Brucinium Salt 2,3-Dimethoxy-10-oxostychnidinium (1R,2S)-2-carboxycyclohexane-1-carboxylate Dihydrate // Journal of Chemical Crystallography. – 2012. – Vol. 42. – N 6. – pp. 171-177.

18. Valle G., Crisma M., Toniolo C., Sen N. Crystallographic characterization of the conformation of the 1-aminocyclohexane-1-carboxylic acid residue in simple derivatives and peptides // Journal of the Chemical Society. Perkin Transactions 2. – 1988. – Vol. 2. – N 3. – pp. 393-398.

19. Wawrzycka I., Koziol A.E., Walesa G. Synthesis and properties of N1-(1,2,3,6-tetrahydrophthaloyl)semi- and thiosemicarbazides. II. Chiral N-substituted amides of 1-(3-ethylthio-1,2,4-triazol-5-yl)-4-cyclohexene-2-carboxylic acid // Zeitschrift fur Kristallographie – Crystalline Materials. – 2009. – Vol. 215. – N 12. – pp. 367-372.

20. Zhou Ch., Jiaxi X. Synthesis of New C_2 -Symmetric Chiral Bisamides from (1S,2S)-Cyclohexane-1,2-dicarboxylic Acid // Helvetica. – 2014. – Vol. 97. – N 10. – pp. 1396-1405.

Информация об авторах

В.Г. Бабаева – кандидат химических наук, стар. н.с. лаборатории «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана.

Information about the author

V. H. Babayeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan.

*Статья поступила в редакцию 25.11.2024; принята к публикации 21.12.2024.
The article was submitted 25.11.2024; accepted for publication 21.12.2024.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-102-117

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЦИКЛОПРОПАНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Эльдар Гусейнгулу оглу Мамедбейли¹, Вафа Гидаят гызы Бабаева²

^{1,2}Институт Нефтехимических процессов Министерства Науки и Образования Азербайджана, nuraybabayeva2008@gmail.com

Аннотация. В работе показаны результаты исследований в области синтеза. Изучения свойств и определения областей применения азотсодержащих производных циклопропановых кислот. Показано, что основным направлением применения этих соединений является фармакохимия и фармацевтика. Показана роль азотсодержащих производных циклопропанкарбонической кислоты в биомедицине.

Ключевые слова: циклопропанкарбоническая кислота, амиды, нитрилы, азотсодержащие производные, аминокислоты

Для цитирования: Мамедбейли Э.Г., Бабаева В.Г. Азотсодержащие производные циклопропанкарбонических кислот // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 102-117.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

NITROGEN CONTAIN DERIVATIVES OF CYCLOPROPANE CARBOXYLIC ACIDS

Eldar H. Mammadbayli¹, Vafa H. Babayeva²

^{1,2}Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, nuraybabayeva2008@gmail.com

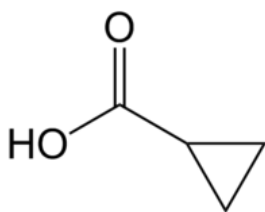
Abstract. The paper presents the results of research in the field of synthesis. Study of properties and determination of areas of application of

nitrogen-containing derivatives of cyclopropane acids. It is shown that the main area of application of these compounds is pharmacochemistry and pharmaceuticals. The role of nitrogen-containing derivatives of cyclopropanecarboxylic acid in biomedicine is shown.

Keywords: cyclopropanecarboxylic acid, amides, nitriles, nitrogen-containing derivatives, amino acids

For citing: Mammadbayli E.H., Babayeva V.H. Nitrogen contain derivatives of cyclopropane carboxylic acids // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. №4. pp. 102-117.

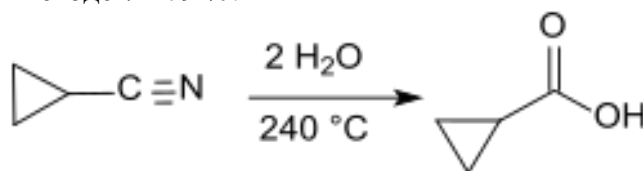
Известны циклопропанкарбоновая кислота и циклопропенкарбоновая кислота. Она представляет собой прозрачную жидкость, цвет которой меняется от бесцветного до бледно-желтого и обладает резким неприятным запахом. Эта кислота является синтоном для получения фармацевтических препаратов, пестицидов и ароматизаторов.



циклопропанкарбоновая кислота

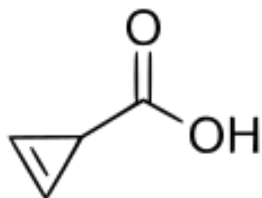
Она имеет следующие физико-химические свойства: плотность 1,085 г/см³, температура плавления 17-19⁰С, температура кипения 182-184⁰С.

Эту кислоту обычно получают по реакции полного гидролиза циклопропанкарбонитрила в присутствии сернокислотного катализатора. В ходе жэтой реакции на рпomezуточном этапе образуется карбоксамид. Также имеется биохимический метод получения этой кислоты при участии бактериальных штаммов *Rhodococcus*. Во втором методе выход кислоты составляет 90 %, тогда как в первом методе 74-79 %.



Циклопроп-2-енкарбоновая кислота представляет собой микотоксин, обнаруженный в некоторых грибах, таких как *Russula*

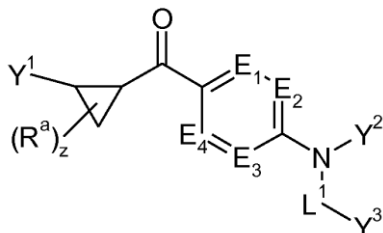
subnigricans. Известно, что при попадании ее в организм молекула вызывает рабдомиолиз



циклопроп-2-ен-карбоновая кислота

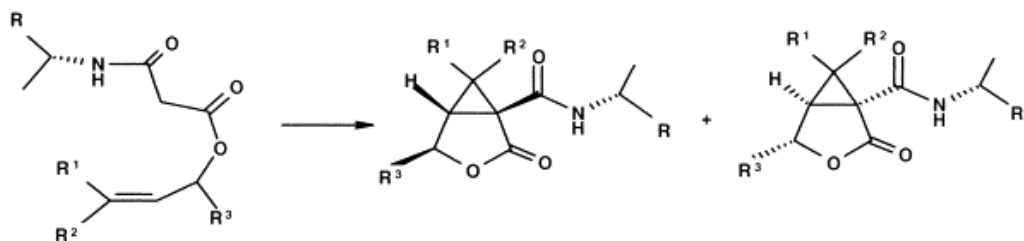
Она имеет следующие физико-химические показатели: молярная масса 84 г/моль, температура плавления 40-41⁰С

Среди азотсодержащих производных этих кислот, в первую очередь. Стоит выделить их амиды и нитрилы. В этой работе нами рассмотрены основные свойства и области применения азотсодержащих производных циклопропановых кислот. Так, в работе [10] предложены различные функционально-замещенные циклопропанкарбоновой кислоты, которые полезны при лечении заболеваний, при которых желательно и/или требуется ингибирование лейкотриеновой синтазы С4, и в частности при лечении респираторных заболеваний и воспалений. Производные кислоты в общем виде можно предстаивть в виде формулы:



где E₁-E₄ включают алкильные радикалы, а также группу -N=CH-

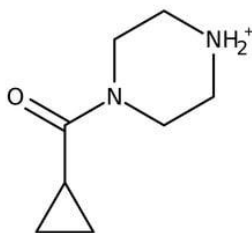
Катализируемая фазовым переносом циклизация оптически активных амидов аллилового эфира малоновой кислоты дает бициклические производные циклопропанкарбоксамидлактона [13]. Полученные два диастереомера в некоторых случаях могут быть разделены простой колоночной хроматографией, что дает чистые изомеры.



В патенте [20] описан процесс получения циклопропанкарбоновой кислоты некаталитическим окислением циклопропанкарбоксальдегида с использованием молекулярного кислорода в качестве окислителя. Раскрыты также процессы получения амидов, эфиров и хлорангидридов кислот из циклопропанкарбоновой кислоты.

В другом патенте [2] сообщается, что получение циклопропанкарбоксамида включает амидирование алкил- или циклопропилциклопропанкарбоксилата при 60-200⁰С спиртовым аммиаком в присутствии алкогольного катализатора, полученного из одноатомного спирта ряда C₁-C₈, и в отсутствие углеводородного растворителя.

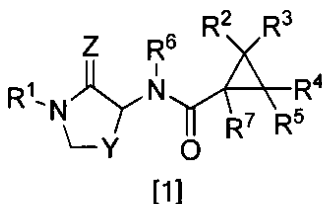
В еще одном патенте [9] описан синтез и применение другого азотсодержащего производного циклопропанкарбоновой кислоты, содержащее в своем составе пиперазиновый фрагмент.



Изучено взаимодействие замещенных амидов циклопропанкарбоновой кислоты с [(Ph₃PAu)ZnO]BF₄ (I). Реакция I с п-нитроанилидом циклопропанкарбоновой кислоты приводит к производному золота со связью Au-N, малый цикл остается неизменным [7]. Взаимодействия между литированными N,N-диэтиламидами циклопропанкарбоновой кислоты и I дают золотоорганические производные амидов с золотом, связанным с углеродом малого цикла. Полученные соединения были охарактеризованы спектральными данными ИК, ¹H и ¹³C ЯМР. Проведено рентгеноструктурное исследование [трифенилфосфинзолото(п-нитрофенил)карбамоил]циклопропана и 1-трифенилфосфинзолото-1-диэтилкарбамоилциклопропана. Взаимодействие литированных производных амидов циклопропанкарбоновой кислоты в избытке с I дает неожиданно стабильные анионные комплексы золота(I), (например, 1-диэтилкарбамоилциклопропил)аурата. Калиевая соль [(CH₂CH₂C)CONET₂]₂AuK стабильна на воздухе, и она была выделена после обработки литиевой соли бис(диэтилкарбамоилциклопропил)аурата карбонатом калия. Ее димерная природа была подтверждена исследованием RDF, фрагмент Au₂K₂ представляет собой искаженный тетраэдр.

В работе [21] изучена радикальная сополимеризация 1-(п-винилфенил)-2-амидов циклопропанкарбоновой кислоты с метилметакрилатом. Исследовано влияние заместителей на реакционную способность мономеров в реакции сополимеризации. Найдены константы сополимеризации и рассчитаны параметры Q–схемы. Установлено, что синтезированные сополимеры обладают светочувствительностью.

В патенте [12] описано производное амида циклопропанкарбоновой кислоты, представленному общей формулой (1), а также его соли; эти соединения входят в состав гербицидной композиции, а также предложен способ прополки за счет нанесения гербицидной композиции.



Мощные ингибиторы фермента человеческой никотинамидфосфорибозилтрансферазы (NAMPT), содержащие транс-2-(пиридин-3-ил)циклопропанкарбоксамид, были идентифицированы с использованием скрининга на основе фрагментов и методов проектирования на основе структур [15]. Были получены множественные кристаллические структуры исходных фрагментных лидов, и эта структурная информация была использована для улучшения биохимической и клеточной активности связанных молекул. Многие из оптимизированных соединений продемонстрировали наномолярную антипролиферативную активность против линий опухолей человека в экспериментах с культурой клеток *in vitro*. В ключевом примере фрагментный лид (13, KD = 51 мкМ) был преобразован в мощный ингибитор NAMPT (39, NAMPT IC₅₀ = 0,0051 мкМ, культура клеток A2780 IC₅₀ = 0,00049 мкМ), который продемонстрировал обнадеживающую эффективность *in vivo* в модели ксенотрансплантата опухоли мыши HT-1080.

Изучена антимикробная активность ряда эфиров циклопропанкарбоновой кислоты N-алкилнафтилоксипропинилпиперидинов по отношению к архивным штаммам микроорганизмов [1]. Активность данных препаратов оценена *in vitro* по отношению к *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enterica* ATCC 14028 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P, среди которых наибольшую

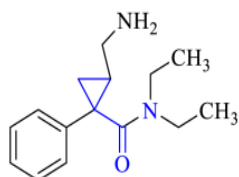
активность по отношению к архивному штамму *Bacillus subtilis* ATCC 6633 проявил гидрохлорид 1-метил-4-[3-(нафт-1-илокси)проп-1-ин-1-ил]-4-циклопропанкарбонил оксипиперидина в концентрации 250 мкг/мл. Эфиры циклопропанкарбоновой кислоты N-метилфеноксипропинилпиперидина и фенилэтинилпиперидина проявили антимикробную активность *in vitro* в отношении всех семи штаммов микроорганизмов, использованных в эксперименте: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Escherichia coli* ATCC-BAA-196, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P, *Staphylococcus aureus* ATCC-BAA-39, *Candida albicans* ATCC 10231. Гидрохлорид эфира N-бензилпиперидин-4-кетоксима циклопропанкарбоновой кислоты обладает бактерицидной активностью в отношении штаммов тест-культур *Escherichia coli* 1257 и Золотистый стафилококк 209-P.

В патенте [3] показано применение производных циклопропанкарбоновой кислоты в качестве фармакологических препаратов.

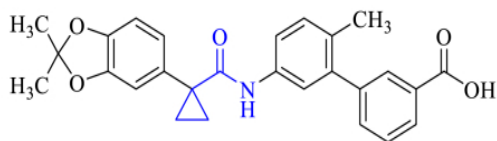
Сообщается [4], что производные малых карбоциклов (циклобутанов и циклопропанов) известны как биоактивные молекулы. Как их природные, так и синтетические представители имеют множество применений. В частности, 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота (ACC) служит хорошо изученным предшественником биосинтеза этилена. Разработка новых функционально замещенных циклопропанкарбоновых кислот, которые показывают себя как эффективные ингибиторы биосинтеза этилена, имеет решающее значение для регулирования растительного цикла и сохранения качества фруктов и овощей. Цели: Это исследование было сосредоточено на исследованиях *in-silico*, направленных на разработку универсальной и доступной методологии синтеза новых аналогов ACC и оценки их модулирующей активности в отношении биосинтеза этилена в растениях. Результаты этого исследования *in silico* закладывают основу для предстоящих исследований *in vitro*. Результаты: Разработанная эффективная каталитическая система [соль Cu(I)/амин/ДМСО] позволила синтезировать модельные соединения в мягких условиях, что привело к увеличению выходов до количественных уровней. Для предварительной оценки биологической активности мы провели исследование *in silico* недавно синтезированной (E)-2-фенил-1-хлорциклопропан-1-карбоновой кислоты и разработали лекарство подходящего 1-аминопроизводного в качестве ингибитора 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатоксидазы 2 (ACO2) *Arabidopsis thaliana*. Результаты стыковки показали определенные преимущества недавно синтезированного соединения по сравнению с известными ингибиторами биосинтеза этилена. Выводы: Рекомендуемая синтетическая технология повысила эффективность

количественной оценки выхода. Исследования *in silico* продемонстрировали высокое сродство к ASO_2 . Синтезированные соединения демонстрируют превосходные характеристики по сравнению с широко используемыми на рынке препаратами для регулирования биосинтеза этилена. Планируются более подробные сравнительные исследования *in vitro*. Ключевые слова: регуляция роста растений, циклопропанкарбоновые кислоты, ингибиторы биосинтеза этилена, молекулярная стыковка, реакция радикального присоединения с переносом атома (ATRA), катализатор на основе комплекса $Cu(I)$.

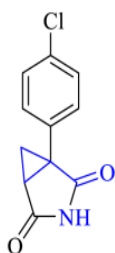
Небольшие, напряженные кольцевые молекулы фенилциклопропанкарбоксамида имеют жесткие, определенные конформации и уникальные электронные свойства [4]. По этим причинам многие группы стремятся использовать эти субъединицы для образования биологически активных соединений. В этой работе авторы сообщают об общеприменимом подходе для получения небольшого циклопропанового кольца, содержащего производные 1-фенилциклопропанкарбоксамида, для широкого спектра различных ароматических соединений путем α -алкилирования производных 2-фенилацетонитрила с 1,2-дибромэтаном с хорошими выходами с последующим преобразованием цианогруппы в кислотную группу путем реакции с концентрированной соляной кислотой. Полученное кислотное производное подвергается сочетанию амина кислоты с различными метил-2-(аминофенокси)ацетатами с образованием 1-фенилциклопропанкарбоксамида. Эти соединения обладают отчетливым эффективным ингибированием пролиферации U937, промоноцитарной, линии клеток миелоидного лейкоза человека, в то время как эти соединения не проявили цитотоксической активности на этих клетках. Обсуждаются взаимосвязи структуры и активности этих соединений.



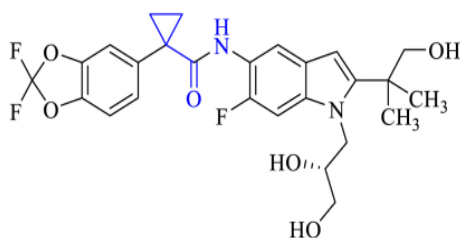
(a)
Levomilnapiaran
(Antidepressant)



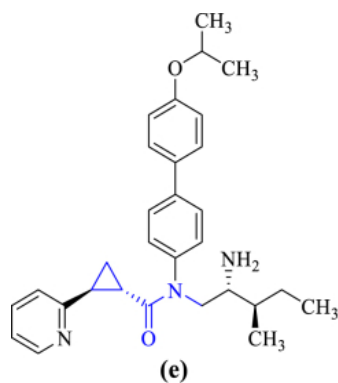
(b)
Lumacaftor
(To treat certain type of Cystic fibrosis)



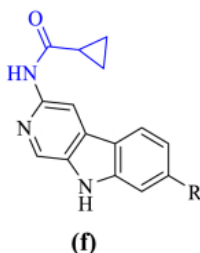
(c)
Cyproximide
(Psychoactive Drug)



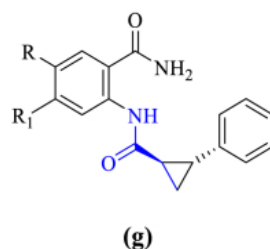
(d)
Tezacaftor
(To treat Cystic fibrosis)



GPR88 agonist
cAMP regulation
EC₅₀ = 77 nM(GPR88)



Harmine scaffold
(Anti-Inflammatory)

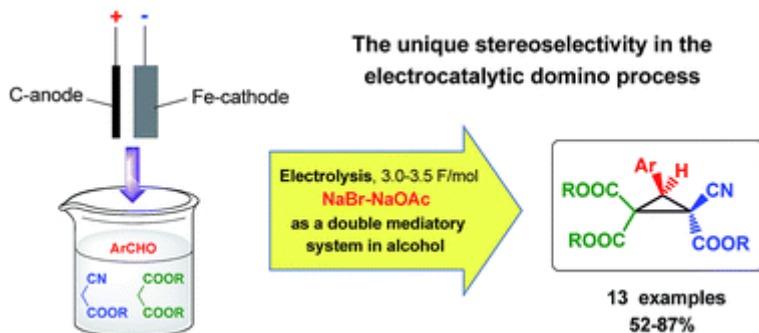


Anti proliferative and
Cytotoxicity activity scaffolds

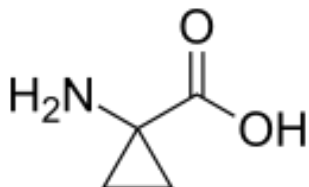
Серия производных 1-арил-2-(аминометил)циклопропанкарбоновой кислоты была синтезирована и оценена как потенциальные антидепрессанты. Соединения с конфигурацией *Z* были синтезированы из 1-арил-2-оксо-3-оксабицикло[3.1.0]гексана, а соединения с конфигурацией *E* — из (*E*)-1-фенил-2-(гидрокси-метил)циклопропанкарбоновой кислоты [5]. Соединения были оценены в испытаниях на животных, разработанных для выявления потенциальной антидепрессивной активности и наличия нежелательных побочных эффектов. Несколько производных были более активны, чем имипрамин и дезипрамин. На основе его активности в фармакологических испытаниях на животных антидепрессивной активности и его потенциального отсутствия побочных эффектов, 1-фенил-1-[(диэтиламино)карбонил]-2-(аминометил)циклопропана гидрохлорид, мидалципран (INN), был выбран для дальнейшей разработки. Это соединение в настоящее время находится на III фазе клинической оценки.

Однореакторное электрокаталитическое домино-превращение альдегидов и двух различных кислот C–N – алкилцианоацетата и диалкилмалоната в присутствии бромида натрия–ацетата натрия в качестве двойной посреднической системы в спирте в неразделенной ячейке (простой стакан) приводит к стереоселективному образованию триалкил(2*R**,3*R**)-3-арил-2-цианоциклопропан-1,1,2-трикарбоксилатов с выходами 52–87% [8]. В этом методе используется

химия групповой очистки (GAP), в которой чистые продукты просто выделяются фильтрацией из реакционной смеси. Разработанный электрокаталитический процесс позволяет получать многограммовые количества триалкил(2R*,3R*)-3-арил-2-цианоциклопропан-1,1,2-трикарбоксилатов.



Среди азотсодержащих производных циклопропанкарбоновых кислот особо следует отметить 1-аминоциклопропан-1-карбоновую кислоту (АЦК), которая представляет собой дизамещенную циклическую α -аминокислоту, в которой циклопропановое кольцо присоединено к атому С α -аминокислоты.



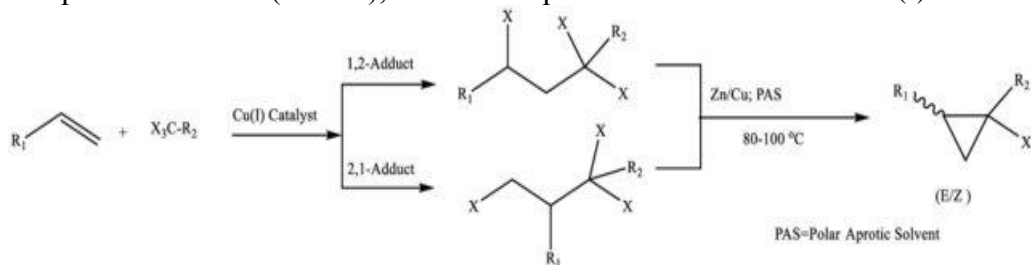
1-аминоциклопропановая кислота

Она имеет молярную массу 101 г/моль и температуру плавления 198-201⁰С Это белое твердое вещество. Известно много циклопропанзамещенных аминокислот, но эта встречается в природе. Как и глицин, но в отличие от большинства α -аминокислот, АСС не является хиральной. АЦК является предшественником растительного гормона этилена. Он синтезируется ферментом АЦК-синтазой из метионина и преобразуется в этилен АЦК-оксидазой. АЦК также демонстрирует этилен-независимую сигнализацию, которая играет важную роль в опылении и производстве семян, активируя белки, подобные тем, которые участвуют в реакциях нервной системы у людей и животных. Более конкретно, сигнализация АЦК способствует секреции хемоаттрактанта пыльцевой трубки LURE1.2 в овулярной спорофитной ткани, тем самым усиливая притяжение пыльцевой трубки. Кроме того, АЦК активирует токи ионов,

содержащих Ca^{2+} , через каналы, подобные глутаматным рецепторам (GLR), в протопластах корней. АЦК может использоваться почвенными микроорганизмами (как бактериями, так и грибами) в качестве источника азота и углерода. Таким образом, было доказано, что использование АЦК для инкубации почв индуцирует обилие генов, кодирующих АЦК-деаминазы, что может иметь положительные последствия для роста растений и устойчивости к стрессу. АЦК также была извлечена из водорослей. АЦК также является экзогенным частичным агонистом рецептора NMDA млекопитающих.

Сообщается [11,16], что производные малых карбоциклов (циклобутанов и циклопропанов) известны как биоактивные молекулы. Как их природные, так и синтетические представители имеют множество применений. В частности, 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота (АЦК) служит хорошо изученным предшественником биосинтеза этилена. Разработка новых функционально замещенных циклопропанкарбоновых кислот, которые показывают себя как эффективные ингибиторы биосинтеза этилена, имеет решающее значение для регулирования растительного цикла и сохранения качества фруктов и овощей. Это исследование было сосредоточено на исследованиях *in-silico*, направленных на разработку универсальной и доступной методологии синтеза новых аналогов АЦК и оценки их модулирующей активности в отношении биосинтеза этилена в растениях. Результаты этого исследования *in silico* закладывают основу для предстоящих исследований *in vitro*. Разработанная эффективная каталитическая система [соль Cu(I) /амин/ДМСО] позволила синтезировать модельные соединения в мягких условиях, что привело к увеличению выходов до количественных уровней. Для предварительной оценки биологической активности мы провели исследование *in silico* недавно синтезированной (Е)-2-фенил-1-хлорциклопропан-1-карбоновой кислоты и разработали лекарство подходящего 1-аминопроизводного в качестве ингибитора 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатоксидазы 2 (ACO_2) *Arabidopsis thaliana*. Результаты стыковки показали определенные преимущества недавно синтезированного соединения по сравнению с известными ингибиторами биосинтеза этилена. Рекомендуемая синтетическая технология повысила эффективность количественной оценки выхода. Исследования *in silico* продемонстрировали высокое сродство к ACO_2 . Синтезированные соединения демонстрируют превосходные характеристики по сравнению с широко используемыми на рынке препаратами для регулирования биосинтеза этилена. Планируются более подробные сравнительные исследования *in vitro*. Ключевые слова: регуляция роста растений, циклопропанкарбоновые кислоты, ингибиторы биосинтеза

этилена, молекулярная стыковка, реакция радикального присоединения с переносом атома (ATRA), катализатор на основе комплекса Cu(I).



$R_1=C_4H_9; C_6H_{13}; C_8H_{17}; C_6H_5; CH=CH-C_6H_5$ a) $X=Cl, R_2=CN$; b) $X=Cl, R_2=COOMe(Et)$

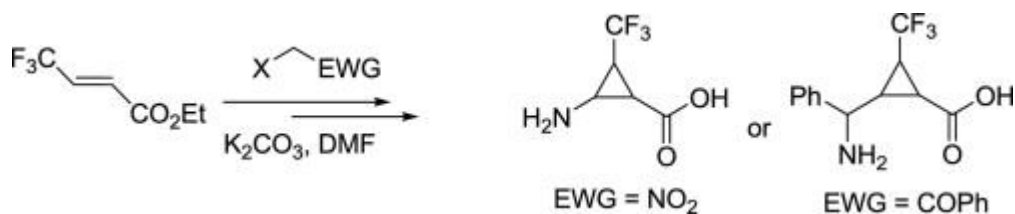
Растения вырабатывают летучий гормон этилен для регулирования многих процессов развития и для борьбы с (а)биотическими стрессорами [6]. В семенных растениях этилен синтезируется из 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты (АСС) специальным ферментом АСС-оксидазой (АСО). Биосинтез этилена строго регулируется на уровне АСС посредством синтеза, конъюгации и транспорта АСС. АСС является непротеиногенной аминокислотой, которая также имеет сигнальные роли, независимые от этилена. В этой работе мы исследовали биологическую функцию неохарактеризованного дипептида АСС. Специально синтезированная молекула ди-АСС может быть поглощена *Arabidopsis* таким же образом, как и АСС, частично через лизин-гистидиновые транспортеры (например, LHT1). Используя масс-спектрометрическую визуализацию с помощью лазерной дезинтеграции/ионизации с помощью наночастиц (Nano-PALDI), мы выявили, что подаваемый извне ди-АСС преимущественно локализуется в сосудистой ткани, несмотря на то, что он не обнаруживается в контрольных сегментах гипокотыля. После поглощения димер АСС может вызывать фенотип тройного ответа у выращенных в темноте сеянцев, напоминающий реакции этилена, вызванные самим АСС, хотя и менее эффективно по сравнению с АСС. Ди-АСС не действует через сигнализацию АСС, а действует через известный сигнальный путь этилена. Активность АСО *in vitro* и молекулярная стыковка показали, что ди-АСС может использоваться АСО в качестве альтернативного субстрата для образования этилена. Неразборчивая природа АСО для димера АСС также объясняет более высокие скорости производства этилена, наблюдаемые в *planta*, хотя эта реакция происходила менее эффективно по сравнению с АСС. В целом, дипептид АСС, по-видимому, транспортируется и преобразуется в этилен таким же образом, как и АСС, и способен увеличивать уровни продукции этилена и вызывать последующие этиленовые реакции у *Arabidopsis*.

В работе [18] отмечается, что 1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота (АСС) является прямым предшественником растительного гормона этилена. АСС синтезируется из S-аденозил-L-метионина (SAM) с помощью АСС-синтаз (ACS) и впоследствии окисляется до этилена с помощью АСС-оксидаз (АСО). Экзогенное применение АСС использовалось в качестве заместителя этилена в многочисленных исследованиях, поскольку оно легко преобразуется почти всеми растительными тканями в этилен. Однако в последние годы все больше данных свидетельствуют о том, что АСС играет сигнальную роль независимо от биосинтеза. В этом обзоре авторы кратко суммируют текущие знания об АСС как о предшественнике этилена и представляем новые результаты в отношении посттрансляционных модификаций белков ACS и транспорта АСС. Авторы также суммируют роль АСС в регуляции развития растений и ее участие в сигнализации клеточной стенки, делении защитной материнской клетки и вирулентности патогена.

Новый синтез 1-аминоциклопропан-1-карбоновой кислоты и ее (E)- и (Z)-2-замещенных аналогов ($R = \text{CH}_3; i\text{-Pr}; \text{C}_6\text{H}_5$) был выполнен с помощью метода "диазоприсоединения", начиная с предшественников N-(дифенилметил)-2,3-дегидро-1-амино-1-карбоксилата. (E)- и (Z)-2-фенил и (Z)-2-метилциклопропанаминокислоты были получены с высокой диастереоспецифичностью [19]. Все полученные циклопропанаминокислоты были протестированы на их сродство к некоторым глутаматным рецепторам и оказались неактивными, за исключением соединений, которые показали неглубокое смещение связывания [3H]-глицина.

Внутренние конформационные предпочтения (2S,3S)-1-амино-2,3-дифенилциклопропанкарбоновой кислоты, аналога фенилаланина циклопропана, имеющего два фенильных заместителя, были изучены теоретически [17]. Для этой цели его производное N-ацетил-N'-метиламида, Ac-(2S,3S)c(3)diPhe-NHMe, было исследовано с использованием методов *ab initio* HF и DFT. Результаты были сравнены с ранее полученными для других циклопропановых аналогов фенилаланина и с экспериментальными данными, доступными для пептидов, содержащих c(3)diPhe.

Новые региоизомеры трифторметилированных циклопропанов были синтезированы с помощью процесса присоединения Михаэля и нуклеофильной циклизации [14]. Реакция была проведена с трифторметилкротонатом и нуклеофильными реагентами. Фторированные циклопропаны были получены с хорошей или превосходной диастереоселективностью. Кроме того, из этой методологии возникли интересные ограниченные строительные блоки.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Akhmetova G.S., Issayeva U.B., Sadyrbayeva F.M., Praliyev K.D., Korotetskaya N.V. Esters of cyclopropanecarboxylic acid displaying anti-infective activity // *Chemical Journal of Kazakhstan*. – 2018. – N 3. – pp. 17-26
2. Bonnaud B., Cousse H., Mouzin G., Briley G. 1-Aryl-2-(aminomethyl)cyclopropanecarboxylic acid derivatives. A new series of potential antidepressants // *J. Med. Chem.* – 1987. – Vol. 30. – N 2. – pp. 318-325
3. Casanovas J., Jimenez A., Cativiela C., Perez J. N-acetyl-N'-methylamide derivative of (2S,3S)-1-amino-2,3-diphenylcyclopropanecarboxylic acid: theoretical analysis of the conformational impact produced by the incorporation of the second phenyl group to the cyclopropane analogue of phenylalanine // *J. Org. Chem.* – 2003. – Vol. 68. – N 18. – pp. 7088-7091.
4. Finta Z., Hell Z., Balint J., Takacs A. Synthesis and separation of substituted cyclopropane carboxylic acid amide isomers // *Tetrahedron Asymmetry*. – 2001. – Vol. 12. – N 9. – pp. 1287-1292
5. Giannetti A., Zheng X., Skelton N., Wang W. Fragment-based identification of amides derived from trans-2-(pyridin-3-yl)cyclopropanecarboxylic acid as potent inhibitors of human nicotinamide phosphoribosyltransferase (NAMPT) // *J. Med. Chem.* – 2014. – Vol. 57. – N 3. – pp. 770-792
6. Guliyev K.G., Ponomaryeva G.Z., Aliev A.T., Nagiyeva A.A., Abdullayeva E.S. Copolymerization of (10(p-vinylphenyl)-2-amides of cyclopropane carboxylic acid with methylmethacrylate // *Azerbaijan Chemical Journal*. – 2012. – N 2. – pp. 88-91.
7. Keita M., Bona R., Santos M., Lequin O. Access to novel amino trifluoromethyl cyclopropane carboxylic acid derivatives // *Tetrahedron*. – 2013. – Vol. 69. – N 15. – pp. 3308-3315.
8. Mahesh P., Akshinthala P., Ankireddy A.R., Kumar N.K. Convenient synthesis, characterization and biological evaluation of novel 1-phenylcyclopropane carboxamide derivatives // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9. – N 2. – pp. 13111-13117.

9. Mikael A.R., Bagdasar S., Babayev B.G. New functionally substitutes cyclopropanecarboxylic acids as ethylene biosynthesis innovative regulators // *Bioactive Compounds in Health and Disease*. – 2024. – Vol. 7. – N 10. – Pp. 500-510
10. Pat. 2016177845A1. WO. 2016. Cyclopropane carboxylic acid derivatives and pharmaceutical uses thereof
11. Pat. 5604245A. US. 1994. Processes for the preparation of cyclopropanecarboxylic acid and derivatives thereof
12. Pat. 0662470A1. EP. 1994. Process for the preparation of cyclopropane-carboxylic-amide
13. Pat. 8262582A. AU. 1981. Derivatives of cyclopropane carboxylic acid
14. Pat. 2017002201A1. WO. 2017. Cyclopropane carboxylic acid amide compound and herbicide containing same.
15. Pat. 3292104A1. EP. 2015. Cyclopropane carboxylic acid derivatives and pharmaceutical uses thereof.
16. Pattyn J., Vaughan-Hirsch J., Van de Poel B. The regulation of ethylene biosynthesis: a complex multilevel control circuitry // *New Phytologist*. – 2020. – Vol. 229. – N 2. – Pp. 16873-16878
17. Perevalova E.G., Bolesov I.G., Kalyuzhnaya Y.S., Voyevodskaya T.I. Gold-containing derivatives of cyclopropanecarboxylic acid amides // *Journal of Organometallic Chemistry*. – 1989. – Vol. 369. – N 2. – pp. 267-280.
18. Polko J.K., Kieber J. 1-Aminocyclopropane 1-Carboxylic Acid and Its Emerging Role as an Ethylene-Independent Growth Regulator // *Front. Plant Sci*. – 2019. – Vol. 10. – pp. 31-37.
19. Spadoni G., Balsamini C., Bedini A., Muqnaini M. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid derivatives: a new, general synthesis and NMDA receptor complex binding affinity study // *Farmaco*. – 1993. – Vol. 48. – N 12. – Pp. 1663-1674
20. Vaughan-Hirsch J., Dongdong L., Martinez A.R., Roden S. A 1-aminocyclopropane-1-carboxylic-acid (ACC) dipeptide elicits ethylene responses through ACC-oxidase mediated substrate promiscuity // *Front Plant. Sci*. – 2022. – Vol. 13. – Pp. 171-182.
21. Vereshchagin A.N., Elinson M.N., Egorov M.P. The first electrocatalytic stereoselective multicomponent synthesis of cyclopropanecarboxylic acid derivatives // *RSC Advances*. – 2015. – Vol. 5. – N 119. – pp. 98522-98526.

REFERENCES

1. Akhmetova G.S., Issayeva U.B., Sadyrbayeva F.M., Praliyev K.D., Korotetskaya N.V. Esters of cyclopropanecarboxylic acid displaying anti-infective activity // *Chemical Journal of Kazakhstan*. – 2018. – N 3. – pp. 17-26.

2. Bonnaud B., Cousse H., Mouzin G., Briley G. 1-Aryl-2-(aminomethyl)cyclopropanecarboxylic acid derivatives. A new series of potential antidepressants // *J. Med. Chem.* – 1987. – Vol. 30. – N 2. – Pp. 318-325
3. Casanovas J., Jimenez A., Cativiela C., Perez J. N-acetyl-N'-methylamide derivative of (2S,3S)-1-amino-2,3-diphenylcyclopropanecarboxylic acid: theoretical analysis of the conformational impact produced by the incorporation of the second phenyl group to the cyclopropane analogue of phenylalanine // *J. Org. Chem.* – 2003. – Vol. 68. – N 18. – pp. 7088-7091.
4. Finta Z., Hell Z., Balint J., Takacs A. Synthesis and separation of substituted cyclopropane carboxylic acid amide isomers // *Tetrahedron Asymmetry.* – 2001. – Vol. 12. – N 9. – Pp. 1287-1292.
5. Giannetti A., Zheng X., Skelton N., Wang W. Fragment-based identification of amides derived from trans-2-(pyridin-3-yl)cyclopropanecarboxylic acid as potent inhibitors of human nicotinamide phosphoribosyltransferase (NAMPT) // *J. Med. Chem.* – 2014. – Vol. 57. – N 3. – pp. 770-792.
6. Guliyev K.G., Ponomaryeva G.Z., Aliev A.T., Nagiyeva A.A., Abdullayeva E.S. Copolymerization of (10(p-vinylphenyl)-2-amides of cyclopropane carboxylic acid with methylmethacrylate // *Azerbaijan Chemical Journal.* – 2012. – N 2. – Pp. 88-91
7. Keita M., Bona R., Santos M., Lequin O. Access to novel amino trifluoromethyl cyclopropane carboxylic acid derivatives // *Tetrahedron.* – 2013. – Vol. 69. – N 15. – Pp. 3308-3315
8. Mahesh P., Akshinthala P., Ankireddy A.R., Kumar N.K. Convenient synthesis, characterization and biological evaluation of novel 1-phenylcyclopropane carboxamide derivatives // *Heliyon.* – 2023. – Vol. 9. – N 2. – pp. 13111-13117.
9. Mikael A.R., Bagdasar S., Babayev B.G. New functionally substitutes cyclopropanecarboxylic acids as ethylene biosynthesis innovative regulators // *Bioactive Compounds in Health and Disease.* – 2024. – Vol. 7. – N 10. – pp. 500-510.
10. Pat. 2016177845A1. WO. 2016. Cyclopropane carboxylic acid derivatives and pharmaceutical uses thereof
11. Pat. 5604245A. US. 1994. Processes for the preparation of cyclopropanecarboxylic acid and derivatives thereof
12. Pat. 0662470A1. EP. 1994. Process for the preparation of cyclopropane-carboxylic-amide
13. Pat. 8262582A. AU. 1981. Derivatives of cyclopropane carboxylic acid
14. Pat. 2017002201A1. WO. 2017. Cyclopropane carboxylic acid amide compound and herbicide containing same.

15. Pat. 3292104A1. EP. 2015. Cyclopropane carboxylic acid derivatives and pharmaceutical uses thereof.
16. Pattyn J., Vaughan-Hirsch J., Van de Poel B. The regulation of ethylene biosynthesis: a complex multilevel control circuitry // *New Phytologist*. – 2020. – Vol. 229. – N 2. – pp. 16873-16878.
17. Perevalova E.G., Bolesov I.G., Kalyuzhnaya Y.S., Voyevodskaya T.I. Gold-containing derivatives of cyclopropanecarboxylic acid amides // *Journal of Organometallic Chemistry*. – 1989. – Vol. 369. – N 2. – Pp. 267-280
18. Polko J.K., Kieber J. 1-Aminocyclopropane 1-Carboxylic Acid and Its Emerging Role as an Ethylene-Independent Growth Regulator // *Front. Plant Sci.* – 2019. – Vol. 10. – Pp. 31-37
19. Spadoni G., Balsamini C., Bedini A., Muqnaini M. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid derivatives: a new, general synthesis and NMDA receptor complex binding affinity study // *Farmacologia*. – 1993. – Vol. 48. – N 12. – pp. 1663-1674.
20. Vaughan-Hirsch J., Dongdong L., Martinez A.R., Roden S. A 1-aminocyclopropane-1-carboxylic-acid (ACC) dipeptide elicits ethylene responses through ACC-oxidase mediated substrate promiscuity // *Front. Plant. Sci.* – 2022. – Vol. 13. – pp. 171-182.
21. Vereshchagin A.N., Elinson M.N., Egorov M.P. The first electrocatalytic stereoselective multicomponent synthesis of cyclopropanecarboxylic acid derivatives // *RSC Advances*. – 2015. – Vol. 5. – N 119. – pp. 98522-98526.

Информация об авторах

Э.Г. Мамедбейли – доктор химических наук, завед. лаборатории «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана;

В.Г. Бабаева - кандидат химических наук, стар. н.с. лаборатории «Изучение антимикробной активности и биоповреждений» ИНХП МНО Азербайджана.

Information about the author

E.H. Mammadbayli – doctor of chemical sciences, head of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan;

V.H. Babayeva – candidate of chemical sciences, leading researcher of laboratory "Study of antimicrob activity and biodamage" IPCP MES of Azerbaijan.

*Статья поступила в редакцию 29.11.2024; принята к публикации 18.12.2024.
The article was submitted 29.11.2024; accepted for publication 18.12.2024.*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI 10.21510/3034-266X-2024-4-118-127

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

*Искендер Ахмед оглу Мамедов¹, Нахида Али гызы
Джафарова²*

*^{1,2}Азербайджанский государственный университет нефти и
промышленности, Баку, Азербайджан, jafarova-
naxida@rambler.ru*

Аннотация. Гетерополикислоты хорошо зарекомендовали себя в качестве эффективных катализаторов в тех или иных химических процессах. Эти соединения обладают целым рядом преимуществ, что позволяет эффективно использовать их в катализе в самых различных химических реакциях, в частности в реакциях окисления, дегидрирования, полимеризации, производстве биотоплива и др.

Ключевые слова: катализаторы на основе гетерополикислот, катализ, молибденовые и вольфрамные гетерополикислоты

Для цитирования: Мамедов И.А., Джафарова Н.А. Области применения гетерополикислотных катализаторов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2024. № 4. С. 118-127.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

FIELDS OF APPLICATION OF HETEROPOLYACID CATALYSTS

Iskender A. Mammadov¹, Nakhida A. Jafarova²

^{1,2}Azerbaijan State University of Oil and Industry

Abstract. Heteropoly acids have proven themselves to be effective catalysts in various chemical processes. These compounds have a number of advantages, which allows them to be effectively used in catalysis in a variety of chemical reactions, in particular in oxidation reactions, dehydrogenation, polymerization, biofuel production, etc.

Keywords: catalysts based on heteropoly acids, catalysis, molybdenum and tungsten heteropoly acids

For citing: Mammadov I.A., Jafarova N. A. Fields of application of heteropolyacid catalysts // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. №4. pp. 118-127/

Гетерополикислоты — это конденсированные продукты, состоящие из неорганических оксикислот фосфора, кремния и т. д., а также вольфрама, молибдея, ванадия и т. д. Они представляют собой кристаллы, имеющие структуру кеггина и сильную кислотность и окислительную способность. Гетерополикислоты широко используются в качестве материалов катализаторов в химической промышленности. Они проявляют сильную кислотность как в твердом, так и в жидком состоянии. Например, концентрированные растворы этих кислот имеют более высокую кислотность, чем хлорная кислота (HClO_4) или серная кислота (H_2SO_4). Вольфрамовые гетерополикислоты более выгодны для кислотных катализаторов. В гомогенной реакции эти катализаторы применимы для гидратации, переэтерификации и полимеризации. Кроме того, они используются для дегидратации, этерификации и этерификации в качестве твердофазной гетерогенной катализируемой реакции. Молибденовые гетерополикислоты и гетерополикислоты на основе Мо, координированные с ванадием или вольфрамом, обладают не только сильной кислотностью, но и сильной окислительной способностью, являются обычными катализаторами окислительной реакции. Эти твердые кислотные катализаторы обычно применяются для производства метакриловой кислоты путем газофазного окисления метакролеина.

Однако применение гетерополикислот в качестве катализаторов получает новое развитие в связи с использованием этих соединений в различных химических процессах в качестве эффективных катализаторов. В этом мини-обзоре мы рассмотрели наиболее основные реакции, в которых в качестве катализаторов использованы гетерополикислоты. Конверсия моносахаридов, полученных из биомассы, в платформенные соединения с высокой стоимостью, рассматриваемые как альтернативные предшественники биотоплива, привлекает все большее внимание [8]. Эта работа представляет собой новый подход к разработке эффективного и перерабатываемого катализатора для биоочистки. В данном случае для эффективной дегидратации ксилозы в фурфурол был предложен нанокompозитный катализатор на основе вольфрамфосфорной кислоты (TPA-TiO_2) с поддержкой диоксида титана, обладающий преимуществами в гибкости кислотности и каталитической стабильности. Загрузка активного компонента ТРА играла важную роль в кислотности и

распределении кислот Льюиса/Бренстеда катализатора. Характеристика структуры катализатора показала, что частицы ТРА хорошо распределяются в носителе TiO_2 . После оптимизации условий каталитической реакции конверсия ксилозы могла приближаться к 96,12%, в то время как выход фурфурола 76,71% был получен при 190 °С в течение 60 мин, катализируемом TiO_2 -ТРА-3 в двухфазной системе растворителей метилизобутилкетон (МИБК)–вода. Он все еще составлял около 80% от начального выхода после пятого рециркуляции катализатора гетерополиокислот на основе TiO_2 . Кроме того, была исследована кинетика реакции дегидратации ксилозы до фурфурола. Каталитическая система в этой работе имела более низкую энергию активации для дегидратации ксилозы, а снижение выхода фурфурола было в основном вызвано побочной реакцией фурфурола с промежуточными продуктами. Эта работа предлагает новый подход к разработке эффективного и перерабатываемого катализатора для биоочистки.

Для исследования влияния металлов Льюиса на кислотные свойства и каталитическую активность была приготовлена серия гетерополиокислотных (ГПК) катализаторов Кеггина, $\text{H}_n\text{PW}_{11}\text{M}\text{O}_{39}$ ($\text{M} = \text{Ti}^{\text{IV}}, \text{Cu}^{\text{II}}, \text{Al}^{\text{III}}, \text{Sn}^{\text{IV}}, \text{Fe}^{\text{III}}, \text{Cr}^{\text{III}}, \text{Zr}^{\text{IV}}$ и Zn^{II} ; для Ti и Zr число кислорода равно 40), которые были использованы в реакциях этерификации и переэтерификации [9]. Только катионы с умеренной кислотностью Льюиса оказали более сильное воздействие. Ti замещенный НРА, $\text{H}_5\text{PW}_{11}\text{TiO}_{40}$, обладает более низким содержанием кислоты по сравнению с $\text{Ti}_x\text{H}_{3-4x}\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ (Ti частично обмененные протоны в насыщенном $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$), что показало, что металл Льюиса в качестве дополнительного атома ($\text{H}_5\text{PW}_{11}\text{TiO}_{40}$) был менее эффективен, чем те, что в качестве противокатионов ($\text{Ti}_x\text{H}_{3-4x}\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$). С другой стороны, самая высокая конверсия достигла 92,2% при переэтерификации и 97,4% при этерификации. Между тем, хороший результат был достигнут с $\text{H}_5\text{PW}_{11}\text{TiO}_{40}$, в котором общая селективность DAG и TGA составила 96,7%. Кроме того, прокалывание $\text{H}_5\text{PW}_{11}\text{TiO}_{40}$ сделало его нерастворимым в воде, что привело к получению гетерогенного катализатора, пригодного для повторного использования.

Трансформация DL-лимонена (смесь D- и L-форм ~1:1), полученного в результате пиролиза резины из отработанных шин, изучалась с использованием четырех гетерополиокислотных катализаторов ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$, $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$, $\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}$ и $\text{H}_4\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$), нанесенных на Q-10, SBA-15, MCM-41 и KIT-6 [13]. Активность катализатора измерялась с помощью ru/GC/FID в атмосфере азота. Активная фаза и носитель были охарактеризованы с использованием различных технических методов (XRD, Raman, TEM, адсорбция-десорбция N_2 , NH_3 -TPD и ru-FTIR). Самая высокая слабая кислотность

и наибольшее количество кислотных центров Льюиса способствовали конверсии DL-лимонена. Реакции изомеризации, по-видимому, были более предпочтительными, чем реакции диспропорционирования. Выход *n*-цимола был благоприятным, с высокой слабой кислотностью и высоким отношением кислотных центров Льюиса/Бренстеда. Более того, результаты показывают, что использование аморфного носителя с большим размером пор, по-видимому, способствует конверсии DL-лимонена и производству *n*-цимола.

Замещенные кумарины синтезируются из фенолов и *β*-кетозэфиров по реакции Пехмана с использованием гетерополиоксидной кислоты Уэллса–Доусона ($H_6P_2W_{18}O_{62} \cdot E_{24}H_2O$) в качестве катализатора без использования растворителя [11]. Для этого требуется малое время реакции, температура 130 °С и всего 1 мол.% кислоты Уэллса–Доусона, что позволяет получать хорошие или отличные выходы кумаринов. Катализатор оказался пригодным для повторного использования без различий в выходах. Результаты сравниваются с результатами реакций, проведенных в растворе толуола. Представленная синтетическая процедура является удобной, чистой и быстрой альтернативой для синтеза 4-замещенных кумаринов (17 примеров).

В работе [5] сообщается о синтезе ацеталей варфарина с использованием аниона Прейссlera, $[NaP_5W_{30}O_{110}]^{14-}$ и гетерополиоксидных кислот (HPAs) в качестве катализаторов. Эта реакция была проведена с использованием метанола и этанола в условиях температуры кипения. В этих условиях наблюдаются отличные выходы и высокая селективность. Гетерополиоксидный катализатор Прейссlera был легко переработан, восстановлен и использован повторно без потери его каталитической активности. Синтез ацеталей варфарина был достигнут с использованием каталитических количеств зеленых, недорогих и экологически чистых гетерополиоксидных кислот типа Кеггина. Продукты были получены с высокими выходами.

Катализаторы на основе вольфрамоборатной гетерополиоксидной кислоты обладают хорошими каталитическими характеристиками деградации, особенно для селективного расщепления связей C–C в биомассе [4]. В этой статье были исследованы выход продукта и распределение компонентов разжижения лигнина, катализируемого вольфрамоборатной гетерополиоксидной кислотой (BW_{12}), при различных параметрах, включая температуру (120, 140, 160, 180 и 200 °С), количество катализатора (0, 2,5, 5, 10 и 20 мас. %) и время реакции (0, 30, 60, 90 и 120 мин). Было обнаружено, что более высокая конверсия (72,16 мас. %) и выход биомасла (68,41 мас. %) могут быть получены при подходящих условиях реакции (180 °С, 60 мин, 5 мас. %). Анализ биомасла показал, что катализатор BW_{12} оказал значительное влияние на распределение

фракций биомасла, в которых моноароматические компоненты увеличились с 32,96% до 47,56% по сравнению с теми, в которых не было катализатора. В частности, карбонильные вещества в моноароматических компонентах увеличились с 18,66% до 26,97%. Спектроскопический анализ (FT-IR) показал, что пики поглощения связей С–О и С–С в сжиженном остатке, катализируемом BW_{12} , уменьшились по сравнению с сырым лигнином. Более того, механизм деполимеризации лигнина, катализируемой BW_{12} , был исследован с помощью моделирования DFT. Результаты моделирования показали, что укорочение связи $C\alpha$ –O, разрыв связей $C\beta$ – $C\gamma$ и $C\alpha$ – $C\beta$ в лигнине способствовали образованию ванилина и бензальдегида, 3-гидрокси-4-метокси. Наконец, на основе экспериментальных данных и результатов моделирования был предложен возможный путь реакции для катализируемого BW_{12} разжижения лигнина в моноароматические вещества.

В работе [1] $H_{14}[NaP_5W_{30}O_{110}]$ наносится на наночастицы кремнезема и используется в качестве перерабатываемых гетерогенных катализаторов при окислении бензальдегидов в карбоновые кислоты как в термических условиях, так и при микроволновом облучении. В каталитических реакциях изучалось влияние различных параметров, таких как количество катализатора, процент загрузки и время реакции. Авторы обнаружили, что использование $H_{14}[NaP_5W_{30}O_{110}]$ на $nano-SiO_2$, связанное с микроволновым облучением, позволяет проводить реакцию без растворителя, быстро (4-5 мин) и с высоким выходом. Этот катализатор можно легко восстановить и использовать повторно много раз без значительной потери его активности.

Сообщается [6] об использовании катализаторов аниона Прейсслера и гетерополиоксидов для получения замещенных флавонов и хромонов для циклизации 1-(2-гидроксифенил)-3-арил-1,3-пропандионов. Реакции проводились с использованием хлороформа в качестве растворителя в условиях температуры кипения и в отсутствие растворителя при 110 °С. Авторы получили отличные выходы и высокую селективность в этих условиях. Представленный синтетический метод является простой, чистой и экологически чистой альтернативой для синтеза замещенных флавонов и хромонов.

Были исследованы новые и эффективные катализаторы Кеггина гетерополиоксидов (НРА) для катионной полимеризации β -пинена (PI) [7]. Среди них 12-фосфовольфрамовая кислота (PW_{12}), дегидратированная при 200°C, проявила высокую каталитическую активность. Общая конверсия PI составила до 96,53%, а выход полученного полимерного продукта составил 60,85%. Для изучения этой новой катализируемой реакции в данной работе были использованы специальные методы FT-IR, 1H -NMR, XRD и XPS, и было показано, что кристаллическая структура гетерополианиона не

разрушается в ходе реакции. Протоны, диссоциирующие от катализатора, играют важную роль в полимеризации, а НРА выполняют две важные функции: инициатора полимеризации и противоиона растущего катионного центра.

Молекулярные сита из мезопористого кремнезема являются своего рода уникальным носителем катализатора благодаря большому размеру пор и большой площади поверхности. Было разработано несколько методов для иммобилизации гетерополикислот (ГПК) внутри каналов этих мезопористых кремнеземов [16]. Материалы ГПК на основе мезопористого кремнезема широко использовались в качестве перерабатываемых катализаторов в гетерогенных системах. Они показали высокую каталитическую активность и селективность формы в некоторых реакциях по сравнению с исходными ГПК в гомогенных системах. В этом обзоре обобщаются последние достижения в области ГПК на основе мезопористого кремнезема, применяемых в области гетерогенного катализа и получения наноструктурированных оксидов металлов с использованием ГПК в качестве прекурсоров и мезопористых кремнеземов в качестве твердых шаблонов.

Описан способ производства биодизеля, включающий этерификацию, переэтерификацию или по существу одновременную этерификацию и переэтерификацию исходного сырья, включающего одно или несколько растительных масел, животных жиров и/или их смесей. Способ производства может включать использование гетерополикислоты в качестве катализатора. Предпочтительные гетерополикислоты включают вольфрам или молибден и одновалентный катион [10].

Метилметоксиацетат (ММАц), предшественник этиленгликоля (ЭГ), был успешно синтезирован посредством жидкофазного карбонилирования диметоксиметана (ДММ), катализируемого гетерополикислотами (ГПК) [15]. Результаты эксперимента показали, что $H_3PW_{12}O_{40}$ (PW_{12}) продемонстрировал наилучшие каталитические характеристики для карбонилирования ДММ, а его высокая каталитическая активность была приписана синергетическому эффекту между его превосходной кислотной силой и высокой полярностью растворителя.

Применение гетерополикислот в катализе химических реакций рассматривалось также в монографиях [3,14].

В работе [12] был синтезирован, охарактеризован и испытан 40% катализатор $H_3PW_{12}O_{40}/ZrO_2$ для превращения левулиновой кислоты (LA) и этанола (EtOH) в этиллевулинат (EL). Катализатор был приготовлен методом влажной пропитки. Характеристика катализатора с использованием ВЕТ и NH_3 -TPD показала, что каталитическая эффективность в основном зависит от кислотных участков и площади

поверхности катализатора. Эффективность катализатора была протестирована на основе времени реакции (от 30 мин до 4 ч) и температуры реакции (от 120 °С до 160 °С) при соотношении левулиновой кислоты к этанолу 1:5. Катализатор 40% $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{ZrO}_2$ продемонстрировал высокую каталитическую эффективность при 150 °С со временем, затраченным на 3 ч, для 99% выхода этиллевулината.

Гетерополиокислоты Кеггина оказались селективными и пригодными для вторичной переработки катализаторами для получения флавонов. Реакция проводилась в различных реакционных средах, гомогенных, гетерогенных и безрастворительных условиях. Безрастворительные условия представляют собой наилучшие зеленые условия [2].

Из представленного обзора исследований явно вытекает тот факт, что гетерополиокислоты обладают целым рядом преимуществ по сравнению с обычными катализаторами, в связи с чем количество растет в области применения этих соединений в каталитических реакциях ежегодно возрастает и эти исследования не теряют своей актуальности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Vamoharram F., Heravi M., Omidinia R. Supported Nano-SiO₂ H₁₄[NaP₅W₃₀O₁₁₀] Heteropolyacid: A Green and Reusable Catalyst in Oxidation of Aromatic Aldehydes // Asian Journal of Chemistry. – 2012. – Vol. 24. – N 12. – pp. 5582-5584.
2. Bennardi D., Romanelli G., Authino J., Pizzio L. Comparative study of the catalytic preparation of flavones using Keggin heteropolyacids under homogeneous, heterogeneous and solvent free conditions // Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. – 2010- Vol. 100. – N 2. – pp. 165-174.
3. Caiado M., Tropeceio A., Castanheiro J.E. Valorization of Waste Cooking Oil into Biodiesel over Heteropolyacids Immobilized on Mesoporous Silica — A Kinetic Study // Chapter in book Biofuels – Status and Perspectives. – 2014. – 302 p.
4. Chen M., Zhang J., Lu L., Yan L. Tungstoborate heteropolyacid-catalyzed lignin liquefaction: Product yield and component distribution // Journal of Renewable and Sustainable Energy. – 2024. – Vol. 16. – N 1. – pp. 13101-13106.
5. Gharib A., Jahangir M., Roshani M., Scheeren W. Catalytic synthesis of warfarin acetals by using different heteropolyacid catalysts // Polish Journal of Chemical Technology. – 2011. – Vol. 13. – N 3. – pp. 5-11.
6. Gharib A., Jahangir M., Roshani M., Scheeren J.W. Effective catalytic synthesis of substituted flavones and chromones using Preyssler

and heteropolyacids (HPAs) as catalysts // *Bulgarian Chemical Communications*. – 2010. – Vol. 42. – N 3. – pp. 210-216.

7. Hualong Zh., Zuguang L., Zhang T., Wei Z. β -Pinene cationic polymerization using Keggin heteropolyacid catalysts // *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. – 2010- Vol. 99. – N 2. – pp. 463-470.

8. Lu K., Wang Y., Jin C., Liao R. Novel Approach on Developing TiO₂-Supported Heteropolyacids Catalyst for the Efficient Conversion of Xylose to Furfural // *Energy Fuels*. – 2022. – Vol. 36. – N 14. – pp. 7599-7607.

9. Meilin T., Liang X., Zhang S., Wang Sh. Tailoring the Synergistic Bronsted-Lewis acidic effects in Heteropolyacid catalysts: Applied in Esterification and Transesterification Reactions // *Scientific Reports*. – 2015. – Vol. 5. – pp. 13764-13769.

10. Pat. 2008122790. WO. 2008. Heteropolyacid catalysts and biodiesel manufacturing methods using such catalysts.

11. Romanelli G.P., Bennardi D., Ruiz D.M., Baronetti G. A solvent-free synthesis of coumarins using a Wells–Dawson heteropolyacid as catalyst // *Tetrahedron Letters*. – 2004. – Vol. 45. – P. 8935-8939

12. Sivasubramaniam D., Saisina A. Synthesis of Ethyl Levulinate from Levulinic Acid over Solid Super Acid Catalyst // *Chemical Engineering Transactions*. – 2015. – Vol. 45. – pp. 90907-912.

13. Tavera-Ruiz C., Gauthier-Maradei P., Capron M., Gardoll O. Transformation of dl Limonene into Aromatic Compounds Using Supported Heteropolyacid Catalysts // *Catalysis Letters*. – 2019. – Vol. 149. – pp. 328-337.

14. Turner J. Use of heteropolyacids in fuel cell catalyst layers. // Chapter in book *Bioeconomy and Sustainable Transportation Chemistry and nanoscience*. – 2008. – 231 p.

15. Wang J., Liu J., Song H., Chen J. Heteropolyacids as Efficient Catalysts for the Synthesis of Precursors to Ethylene Glycol by the Liquid-phase Carbonylation of Dimethoxymethane // *Chemistry Letters*. – 2015. – Vol. 44. – N 6. – pp. 806-808.

16. Yuanhang R., Bin Y., Min G., Heyong H. Progress of the Application of Mesoporous Silica-Supported Heteropolyacids in Heterogeneous Catalysis and Preparation of Nanostructured Metal Oxides // *Materials (Basel)*. – 2010. – Vol. 3. – N 2. – pp. 764-766.

REFERENCES

1. Bamoharram F., Heravi M., Omidinia R. Supported Nano-SiO₂ H₁₄[NaP₅W₃₀O₁₁₀] Heteropolyacid: A Green and Reusable Catalyst in Oxidation of Aromatic Aldehydes // *Asian Journal of Chemistry*. – 2012. – Vol. 24. – N 12. – pp. 5582-5584.

2. Bennardi D., Romanelli G., Authino J., Pizzio L. Comparative study of the catalytic preparation of flavones using Keggin heteropolyacids

under homogeneous, heterogeneous and solvent free conditions // *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. – 2010 – Vol. 100. – N 2. – pp. 165-174.

3. Caiado M., Tropeceio A., Castanheiro J.E. Valorization of Waste Cooking Oil into Biodiesel over Heteropolyacids Immobilized on Mesoporous Silica – A Kinetic Study // Chapter in book *Biofuels – Status and Perspectives*. – 2014. – 302 p.

4. Chen M., Zhang J., Lu L., Yan L. Tungstoborate heteropolyacid-catalyzed lignin liquefaction: Product yield and component distribution // *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. – 2024. – Vol. 16. – N 1. – pp. 13101-13106.

5. Gharib A., Jahangir M., Roshani M., Scheeren W. Catalytic synthesis of warfarin acetals by using different heteropolyacid catalysts // *Polish Journal of Chemical Technology*. – 2011. – Vol. 13. – N 3. – P. 5-11

6. Gharib A., Jahangir M., Roshani M., Scheeren J.W. Effective catalytic synthesis of substituted flavones and chromones using Preyssler and heteropolyacids (HPAs) as catalysts // *Bulgarian Chemical Communications*. – 2010. – Vol. 42. – N 3. – pp. 210-216.

7. Hualong Zh., Zuguang L., Zhang T., Wei Z. β -Pinene cationic polymerization using Keggin heteropolyacid catalysts // *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*. – 2010- Vol. 99. – N 2. – pp. 463-470.

8. Lu K., Wang Y., Jin C., Liao R. Novel Approach on Developing TiO_2 -Supported Heteropolyacids Catalyst for the Efficient Conversion of Xylose to Furfural // *Energy Fuels*. – 2022. – Vol. 36. – N 14. – pp. 7599-7607.

9. Meilin T., Liang X., Zhang S., Wang Sh. Tailoring the Synergistic Bronsted-Lewis acidic effects in Heteropolyacid catalysts: Applied in Esterification and Transesterification Reactions // *Scientific Reports*. – 2015. – Vol. 5. – pp. 13764-13769.

10. Pat. 2008122790. WO. 2008. Heteropolyacid catalysts and biodiesel manufacturing methods using such catalysts.

11. Romanelli G.P., Bennardi D., Ruiz D.M., Baronetti G. A solvent-free synthesis of coumarins using a Wells–Dawson heteropolyacid as catalyst // *Tetrahedron Letters*. – 2004. – Vol. 45. – pp. 8935-8939.

12. Sivasubramaniam D., Saisina A. Synthesis of Ethyl Levulinate from Levulinic Acid over Solid Super Acid Catalyst // *Chemical Engineering Transactions*. – 2015. – Vol. 45. – pp. 907-912.

13. Tavera-Ruiz C., Gauthier-Maradei P., Capron M., Gardoll O. Transformation of dl Limonene into Aromatic Compounds Using Supported Heteropolyacid Catalysts // *Catalysis Letters*. – 2019. – Vol. 149. – pp. 328-337.

14. Turner J. Use of heteropolyacids in fuel cell catalyst layers. // Chapter in book *Bioeconomy and Sustainable Transportation Chemistry and nanoscience*. – 2008. – 231 p.

15. Wang J., Liu J., Song H., Chen J. Heteropolyacids as Efficient Catalysts for the Synthesis of Precursors to Ethylene Glycol by the Liquid-phase Carbonylation of Dimethoxymethane // Chemistry Letters. – 2015. – Vol. 44. – N 6. – pp. 806-808.

16. Yuanhang R., Bin Y., Min G., Heyong H. Progress of the Application of Mesoporous Silica-Supported Heteropolyacids in Heterogeneous Catalysis and Preparation of Nanostructured Metal Oxides // Materials (Basel). – 2010. – Vol. 3. – N 2. – pp. 764-766.

Информация об авторах

Н.А. Джафарова – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры «Химия и технология неорганических веществ»;

И.А. Мамедов – магистр кафедры «Химия и технология неорганических веществ» Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности.

Information about author

N.A. Jafarova – doctor of philosophy in chemistry, senior lecturer at the Department of «Chemistry and Technology of Inorganic Substances», Azerbaijan State University of Oil and Industry;

I.A. Mammadov – magistr at the Department of «Chemistry and Technology of Inorganic Substances», Azerbaijan State University of Oil and Industry.

Статья поступила в редакцию 25.11.2024; принята к публикации 21.12.2024.

The article was submitted 25.11.2024; accepted for publication 21.12.2024.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 547.541.3

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-128-138

ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Аиша Джума гызы Мустафаева¹, Гюнель Сеймур гызы
Ширинова²*

¹*Азербайджанский государственный университет нефти и
промышленности, Баку, Азербайджан, jafarova-
naxida@rambler.ru*

²*Сумгаитский государственный технический колледж*

Аннотация. Гетерополикислоты, как известно, представляют собой комплексные соединения, которые в своем составе внутренней координационной сферы содержат лиганды на основе анионов неорганических изополикислот. К ним относят непосредственно гетерополикислоты и их соли. В течение последних десятилетий эти соединения стали объектом пристального внимания исследователей в области их применения в качестве катализаторов различного типа химических реакций. В этой работе нами рассмотрены наиболее основные применения гетерополикислот в химическом катализе.

Ключевые слова: катализаторы, гетерополикислоты, химический катализ, бифазные системы, координационная сфера

Для цитирования: Мустафаева А.Дж., Ширинова Г.С. Гетерополикислоты в качестве катализаторов химических процессов // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акумуллы. Серия: Естественные науки. 2024. №4. С. 128-138.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

HETEROPOLYACIDS AS CATALYST OF CHEMICAL PROCESSES

Aisha Dj. Mustafayeva¹, Gunel Seymur Shirinova²

¹*Azerbaijan State University of Oil and Industry*

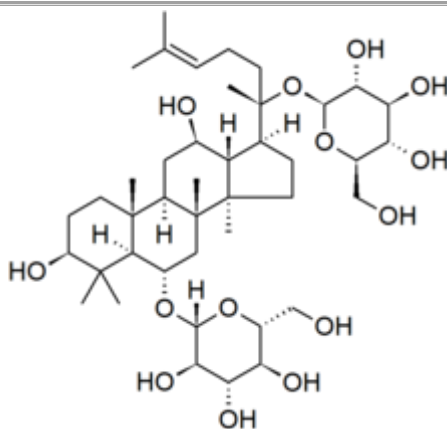
²*Sumgait State Technical College*

Abstract. Heteropoly acids are known to be complex compounds that contain ligands based on inorganic isopoly acid anions in their internal coordination sphere. These include heteropoly acids and their salts. Over the past decades, these compounds have become the focus of close attention from researchers in the field of their application as catalysts for various types of chemical reactions. In this paper, we consider the most basic applications of heteropoly acids in chemical catalysis.

Keywords: catalysts, heteropoly acids, chemical catalysis, biphasic systems, coordination sphere

For citing: Mustafayeva A.D.j., Shirinova G.S. Heteropolyacids as catalysts of chemical processes // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. №4. pp. 128-138.

Гетерополикислоты представляют собой важный класс химических соединений, находящих широкое применение в качестве катализаторов для различных химических процессов. В этой связи в представленной работе нами обобщены результаты исследований в области применения гетерополикислот в качестве катализаторов химических реакций различного типа. Так, в работе [3] высокоэффективная жидкостная хроматография в сочетании с четырехкратной времяпролетной масс-спектрометрией (HPLC-Q-TOF-MS) как метод был разработан для анализа гидролитических смесей гинсенозида Rg1 в кислых условиях (pH 3). Три катализатора, гетерополикислота ($H_4SiW_{12}O_{40}$, сокращенно SiW_{12}), ее комплекс с γ -CD (сокращенно SiW_{12}/γ -CD) и муравьиная кислота, были использованы для сравнения. Продукты химической трансформации были идентифицированы на основе точного измерения массы и фрагментных ионов, полученных с помощью тандемной масс-спектрометрии. Был сделан вывод, что каталитическая эффективность SiW_{12} ($\gg SiW_{12}/\gamma$ -CD) примерно в 410 раз выше, чем у муравьиной кислоты, таким образом, становясь наиболее эффективным катализатором для химических превращений гинсенозидов.



гинсенозид Rg1

Сообщается [4] об использовании структуры Кеггина V, Vi и Vi-V, где Mo частично заменен на V, Vi и Vi и V соответственно, в многокомпонентном синтезе 3,4-дигидропиримидин-2-(1H)-онов без растворителя методом Биджинелли. Включение V, Vi и Vi-V в структуру PMo заметно увеличивает каталитическую активность. Была обнаружена следующая корреляция между выходами 3,4-дигидропиримидин-2-(1H)-онов и числом кислотных центров катализаторов: PMoBiV > PMoV > PMoBi > PMo. Эксперименты по реакции проводились в отсутствие растворителя при 80°C (1 ч). В этих условиях и с использованием наиболее активного катализатора (PMoBiV) было получено двенадцать примеров с очень хорошими выходами (80%–98%) и высокой селективностью. Катализатор легко перерабатывался и использовался повторно без заметной потери его каталитической активности. Представленный синтетический метод является простой, чистой и экологически чистой альтернативой для получения замещенных 3,4-дигидропиримидин-2-(1H)-онов.

В работе [12] описана эффективная (с точки зрения эксперимента и времени) процедура синтеза хлорметилметилового эфира (MOM-Cl) с использованием гетерополиокислот в качестве катализаторов.

Синтез ацетаминофена в зеленых условиях и при комнатной температуре в присутствии гетерополиокислот типа Прейссlera был исследован с целью внести вклад в чистую технологию, которая является самой важной потребностью общества. Все катализаторы подлежат переработке и повторному использованию [7].

Гетерополиокислоты (ГПК) были тщательно исследованы ввиду их благоприятных свойств, а именно: дискретной ионной структуры, высокой подвижности протонов, сильной кислотности, гидротермальной стабильности и обратимого многоэлектронного окислительно-восстановительного поведения, что делает их особенно ценными в системах термического и фотокаталитического действия [1]. Следовательно, ГПК нашли многочисленные применения в

качестве катализаторов для ряда селективных синтетических превращений в органическом синтезе. Однако ГПК имеют недостатки, а именно: их экстремальную растворимость в полярных растворителях и низкую удельную площадь поверхности для катализатора. Чтобы обойти эти недостатки, было предпринято много усилий для поддержки гетерополикислот на различных наноматериалах. В настоящей работе рассматриваются недавние каталитические применения нанокатализаторов на основе НРА с акцентом на полезный синтез и органические превращения, включая их использование в сочетании с термическими/микроволновыми и фотохимическими средами для достижения эффективности некоторых известных реакций (Фриделя-Крафтса и Биджинелли), сборки полезных синтетических молекул (различных гетероциклических соединений, реакций ацетализации, эпоксицирования, этерификации и переэтерификации, а также утилизации диоксида углерода) в устойчивых и более экологичных условиях, включая более безопасную очистку стойких загрязняющих веществ (красителей, нитросоединений и антибиотиков) и дезактивацию бактерий в водных потоках.

Описан простой, чистый и экологически безопасный способ синтеза 3-цианопиридинов с помощью одnoreакторной многокомпонентной реакции 3,4-диметоксиацетофенона, малонитрила или этилцианоацетата, альдегида и ацетата аммония с использованием гетерополикислот в качестве гетерогенных и пригодных для вторичной переработки катализаторов с очень хорошими выходами [10].

В работе [15] биодизель был синтезирован из олеиновой кислоты с использованием Ni (II)-обменных гетерополикислот, иммобилизованных на кремнеземе ($\text{Ni}_{0.5}\text{H}_3\text{SiW}/\text{SiO}_2$) в качестве твердого кислотного катализатора. На основе детального анализа FT-IR, XRD, TG и SEM были исследованы структурная, поверхностная и термическая стабильность $\text{Ni}_{0.5}\text{H}_3\text{SiW}/\text{SiO}_2$. Полученные результаты показали, что структура Кеггина хорошо находится в процессе иммобилизации и обладает высокой термической стабильностью. Были изучены различные условия реакции этерификации и возможность повторного использования катализатора. Высокая конверсия олеиновой кислоты 81,4 % наблюдалась при мольном соотношении 1:22 (олеиновая кислота: метанол), 3 мас. % катализатора при 70 °C в течение 4 ч. Катализатор $\text{Ni}_{0.5}\text{H}_3\text{SiW}/\text{SiO}_2$ использовался повторно несколько раз и показал себя относительно стабильным. Что еще интереснее, кинетические исследования показали, что процесс этерификации совместим с моделью первого порядка, и в этой каталитической системе была получена более низкая энергия активации.

Были приготовлены катализаторы, содержащие вольфрам или молибден в виде гетерополикислот типа Кеггина, таких как $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$,

$H_4SiW_{12}O_{40}$ и $H_3PMo_{12}O_{40}$, нанесенных на силикагель [11]. Обсуждаются кислотные и поверхностные свойства гетерополикислот и их нанесенных форм. Гетерополикислоты типа Кеггина, нанесенные на силикагель, оказались активными в метатезисе пропена, активность была сравнена с активностью классического катализатора WO_3/SiO_2 . Наибольшую активность и селективность в изученной реакции показал катализатор, приготовленный на основе $H_3PW_{12}O_{40}$

Гетерополикислоты используются в качестве окислительно-восстановительных катализаторов благодаря их бифункциональным свойствам [13]. Стоит отметить некоторые преимущества по сравнению с обычными катализаторами, такие как селективность, простота выделения и повторного использования. В гомогенных условиях их выделение и переработка могут быть сложнее, поэтому они поддерживаются для их использования в качестве гетерогенных катализаторов. В этой работе авторы сравнивают каталитическую активность различных гетерополикислот со структурой Кеггина, нанесенных на чистый и функционализированный диоксид кремния (с 3-аминопропилтриметоксисиланом). $H_6PMo_{11}VO_{40}$, $H_6PMo_{11}BiO_{40}$, $H_6PMo_{11}LaO_{40}$ и $H_6PMo_{11}YO_{40}$ были синтезированы, нанесены и охарактеризованы несколькими физико-химическими методами. Высокоселективные результаты были получены при селективном окислении дифенилсульфида в дифенилсульфоксид или дифенилсульфон. Кроме того, эти катализаторы можно использовать повторно. Вышеупомянутая реакция полезна из-за важности этих соединений как промежуточных продуктов в синтезе биологически значимых молекул.

Высокоспецифическая мононитрация фенолов и замещенных фенолов достигается использованием нитрата металла и каталитического количества гетерополикислоты в ацетонитриле [2]. Исключительная *орто*-селективность была обнаружена с превосходными выходами. Различные нитраты металлов использовались для получения *о*-нитрофенолов исключительно с хорошими и превосходными выходами. Использование гетерополикислоты является ключевым для наблюдаемой селективности.

Преобразование возобновляемого сырья в биотопливо привлекает все большее внимание по экономическим и экологическим причинам [5]. Неизбежное истощение ископаемого топлива и растущее образование парниковых газов мотивировали разработку экологически чистых процессов производства биодизеля. Превращение кислотных несъедобных растительных масел с использованием перерабатываемых катализаторов было целью, преследуемой исследовательскими группами по всему миру. Гетерополикислоты являются привлекательной альтернативой, поскольку это катализаторы с

кислотными свойствами, которые можно легко настраивать путем структурных изменений и которые можно наносить на твердое тело с большой площадью поверхности. Гетерополикислоты представляют собой кислородные кластерные координаты с атомом присоединения (т. е. W, Mo, V), которые координируются только с центральным атомом (т. е. P, Si, As). Процессы биопереработки интенсивно использовали этот универсальный класс катализаторов для преобразования производных молекул биомассы в химикаты и биотопливо. В настоящее время гетерополикислоты на твердом носителе являются катализаторами, используемыми в различных способах производства биодизеля из растительных масел и другого липидного сырья. Сочетание возобновляемого и доступного сырья с эффективными твердыми катализаторами (т. е. гетерополикислотами), несомненно, является стратегическим с промышленной точки зрения путем производства биодизеля и широко изучалось. В этом обзоре будут освещены последние исследования и инновации в области разработки процессов производства биодизеля на основе гетерополикислот. Особое внимание было уделено процессам, выполняемым в жидкой фазе в условиях гетерогенного катализа. Гетерогенные процессы были выполнены на гетерополикислотах с твердым носителем; углеродные волокна, кремний, цирконий, нанотрубки и ниобий являются примерами носителей, обсуждаемых в этом обзоре. В этом обзоре была предпринята попытка описать достижения, достигнутые в катализируемых гетерополикислотами путях превращения триглицеридов и жирных кислот в биодизель. Также были рассмотрены основные методы синтеза и характеристика гетерополикислот с твердым носителем.

Гетерополикислоты Прейсслера, Уэллса-Доусона и Кеггина являются эффективными и экологически чистыми твердыми кислотными катализаторами для ацилирования богатых электронами ароматических соединений ангидридами кислот [8]. Сравнивалась производительность различных форм гетерополикислот. Во всех случаях наилучшие результаты были получены при использовании гетерополикислоты Прейсслера в качестве катализатора. В присутствии 25 мол.% (по отношению к эквивалентности H^+) катализатора Прейсслера происходит высокопараселективное ацелирование анизолы с использованием двух эквивалентов уксусного ангидрида в течение 15 мин при комнатной температуре. Выделенный выход продукта *n*-метоксиацетофенона составляет 98%.

В статье [6] рассматриваются каталитические свойства различных гетерополикислот на подложке (ГПК), как на основе молибдена, так и на основе вольфрама, в процессе окислительной десульфурации дизельного топлива. Авторы совместно разрабатывают новый процесс окислительной десульфурации, направленный на

снижение содержания серы в дизельном топливе до менее 10 ppm (частей на миллион) с использованием пероксидов, полученных *in situ*. В этом новом процессе высокомолекулярные сероорганические соединения, такие как 4,6-диметилдобензотиофен (ДМДБТ), которые трудно удалить обычной гидродесульфурацией, окисляются до соответствующих сульфонов и впоследствии удаляются путем адсорбции. ГПК на основе молибдена со структурой Кеггина оказались наиболее активными и селективными катализаторами для окисления ДМДБТ со сроком службы в режиме реального времени, превышающим 1500 ч время в режиме реального времени.

В патенте [14] описан способ синтеза *in situ* кислотной или катионной формы гетерополикислоты молибдена или вольфрама за счет взаимодействия катионного соединения с кислотной или солевой формой Mo или W и фосфатным ионом твердого носителя.

Окисление спиртов и фенолов катализировалось с использованием ванадиевых замещенных гетерополикислот Кеггина и катализаторов Прейссlera в зеленых условиях и мягких условиях описано в работе [9].

Никелевые соли гетерополикислоты типа Кеггина на основе металлоорганических каркасов Zr(IV) (UiO-66) были синтезированы с помощью ионного обмена с последующим простым одnoreакторным гидротермальным методом. Синтезированные катализаторы прошли анализы FT-IR, адсорбции-десорбции N₂, порошковой рентгеновской дифракции, СЭМ и ТЭМ. Катализатор NiHSiW/UiO-66 использовался в качестве новой и эффективной твердой кислоты в каталитическом переносе свободной жирной кислоты в биодизель с оптимальной конверсией 86,7%. Отличная активность нанокатализатора NiHSiW/UiO-66 была тесно связана с его высокой удельной площадью поверхности, наноразмерным катализатором и синергетическим эффектом солей NiHSiW и матрицы UiO-66. Важно, что относительно стабильная каталитическая эффективность была достигнута для 8 повторных циклов. Наконец, кинетика реакции этерификации была принята за псевдопервого порядка [16].

Таким образом, представленный обзор показывает возможность использования гетерополикислот в различных химических процессах с высокой эффективностью и хорошими выходами целевых продуктов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Afhsari M., Varma R., Saghanezhad S.J. Catalytic Applications of Heteropoly acid-Supported Nanomaterials in Synthetic Transformations and Environmental Remediation // Comments on Inorganic Chemistry. – 2023. – Vol. 43. – N 2. – pp. 129-176

2. Baghernejad B., Heravi M., Oskooie H., Bamoharram F. Heteropolyacids as an efficient and reusable catalytic system for the regiospecific nitration of phenols with metal nitrates // *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* – 2012. – Vol. 26. – N 1. – pp. 145-152.
3. Cao J., Chang L., Wang Q., Yuze L. A novel catalytic application of heteropolyacids: chemical transformation of major ginsenosides into rare ginsenosides exemplified by Rg1 // *science china. Chemistry.* – 2017. – Vol. 60. – N 6. – pp. 748-753.
4. Dalessandro O., Sathicq V., Palermo V., Sanchez L.M. Doped Keggin Heteropolyacids as Catalyst in the Solvent-free, Multicomponent Synthesis of Substituted 3,4-dihydropyrimidin-2-(1H)-ones // *Current Organic Chemistry.* – 2012. – Vol. 16. – N 23. – pp. 2763-2769.
5. Da Silva M., Liberto N. Soluble and Solid Supported Keggin Heteropolyacids as Catalysts in Reactions for Biodiesel Production: Challenges and Recent Advances // *Current Organic Chemistry.* – 2016. – Vol. 20. – N 12. – pp. 1263-1283.
6. de Angelis A., Pollesell P., Molinari D., Parker W. Heteropolyacids as effective catalysts to obtain zero sulfur diesel // *Pure Applied Chemistry.* – 2007. – Vol. 79. – N 11. – pp. 1887-1894.
7. Gharib A., Scheeren W., Bamoharram F., Roshani M. Acetylation of p-Aminophenol by Preyssler's anion $[\text{NaP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{14-}$, $[\text{NaP}_5\text{W}_{29}\text{MoO}_{110}]^{14-}$ with green condition at room temperature // *Polish Journal of Chemical technology.* – 2009. – Vol. 11. – N 2. – pp. 31-35.
8. Gharib S., Jahangir M., Scheeren J-W. Acylation of aromatic compounds by acid anhydrides using Preyssler's anion $[\text{NaP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{14-}$ and heteropolyacids as green catalysts // *Polish Journal of Chemical Technology.* – 2011. – Vol. 13. – N 2. – pp. 11-17.
9. Gharib A., Jahangir M., Roshani M. Catalytic Oxidation of Alcohols, Phenols using Vanadium Substituted Keggin Heteropolyacids and Preyssler catalysts in Green conditions // *The 12th International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry session General Organic Synthesis.* – 2008. – pp. 35-37.
10. Heravi M., Beheshita Y., Khorshidi M., Baghernejad B. Application of Heteropolyacids as Heterogeneous and Recyclable Catalysts for One-Pot Synthesis of 3-Cyanopyridine Derivatives // *Chinese Journal of Chemistry.* – 2009. – Vol. 27. – N 3. – pp. 569-572.
11. Hudec P., Prandova K. Supported Heteropolyacids as Heterogeneous Catalysts for Propene Metathesis // *Collection of Czechoslovak Chemical Communications.* – 1995. – Vol. 60. – N 3. – pp. 43-450.
12. Kishore S., Viswanathan B., Varadarajan Th. Heteropolyacid-catalyzed synthesis of chloromethyl methyl ether // *Tetrahedron Letters.* – 2006. – Vol. 47. – pp. 429-431.

13. Palermo V., Romanelli G., Vazquez P.G. Mo-based Keggin heteropolyacids as catalysts in the green and selective oxidation of diphenyl sulfide // *Journal of Molecular Catalysis. A. General.* – 2013. – Vol. 373. – pp. 142-150.

14. Pat. 6534435B1. US. 2001. Process for in situ synthesis of supported heteropoly acids and salts thereof.

15. Zhang Q., Dandan L., Qianqian L., Deng T. Immobilizing Ni (II)-Exchanged Heteropolyacids on Silica as Catalysts for Acid-Catalyzed Esterification Reactions // *Periodica Polytechnica Chemical Engineering.* – 2021. – Vol. 65. – N 1. – pp. 21-27.

16. Zhang Q., Ling D., Lei D., Deng T. Synthesis and catalytic properties of nickel salts of Keggin-type heteropolyacids embedded metal-organic framework hybrid nanocatalyst // *Green Processing and Synthesis* – 2020. – Vol. 9. – N 1. – pp. 14-25.

REFERENCES

1. Afhsari M., Varma R., Saghanezhad S.J. Catalytic Applications of Heteropoly acid-Supported Nanomaterials in Synthetic Transformations and Environmental Remediation // *Comments on Inorganic Chemistry.* – 2023. – Vol. 43. – N 2. – P. 129-176

2. Baghernejad B., Heravi M., Oskooie H., Bamoharram F. Heteropolyacids as an efficient and reusable catalytic system for the regiospecific nitration of phenols with metal nitrates // *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* – 2012. – Vol. 26. – N 1. – P. 145-152

3. Cao J., Chang L., Wang Q., Yuze L. A novel catalytic application of heteropolyacids: chemical transformation of major ginsenosides into rare ginsenosides exemplified by Rg1 // *science china. Chemistry.* – 2017. – Vol. 60. – N 6. – pp. 748-753.

4. Dalessandro O., Sathicq V., Palermo V., Sanchez L.M. Doped Keggin Heteropolyacids as Catalyst in the Solvent-free, Multicomponent Synthesis of Substituted 3,4-dihydropyrimidin-2-(1H)-ones // *Current Organic Chemistry.* – 2012. – Vol. 16. – N 23. – pp. 2763-2769

5. Da Silva M., Liberto N. Soluble and Solid Supported Keggin Heteropolyacids as Catalysts in Reactions for Biodiesel Production: Challenges and Recent Advances // *Current Organic Chemistry.* – 2016. – Vol. 20. – N 12. – pp. 1263-1283.

6. de Angelis A., Pollesell P., Molinari D., Parker W. Heteropolyacids as effective catalysts to obtain zero sulfur diesel // *Pure Applied Chemistry.* – 2007. – Vol. 79. – N 11. – pp. 1887-1894

7. Gharib A., Scheeren W., Bamoharram F., Roshani M. Acetylation of p-Aminophenol by Preyssler's anion $[\text{NaP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{14-}$, $[\text{NaP}_5\text{W}_{29}\text{MoO}_{110}]^{14-}$ with green condition at room temperature // *Polish Journal of Chemical technology.* – 2009. – Vol. 11. – N 2. – pp. 31-35.

8. Gharib S., Jahangir M., Scheeren J-W. Acylation of aromatic compounds by acid anhydrides using Preyssler's anion $[\text{NaP}_5\text{W}_{30}\text{O}_{110}]^{14-}$ and heteropolyacids as green catalysts // Polish Journal of Chemical Technology. – 2011. – Vol. 13. – N 2. – pp. 11-17.

9. Gharib A., Jahangir M., Roshani M. Catalytic Oxidation of Alcohols, Phenols using Vanadium Substituted Keggin Heteropolyacids and Preyssler catalysts in Green conditions // The 12th International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry session General Organic Synthesis. – 2008. – pp. 35-37.

10. Heravi M., Beheshita Y., Khorshidi M., Baghernejad B. Application of Heteropolyacids as Heterogeneous and Recyclable Catalysts for One-Pot Synthesis of 3-Cyanopyridine Derivatives // Chinese Journal of Chemistry. – 2009. – Vol. 27. – N 3. – pp. 569-572.

11. Hudec P., Prandova K. Supported Heteropolyacids as Heterogeneous Catalysts for Propene Metathesis // Collection of Czechoslovak Chemical Communications. – 1995. – Vol. 60. – N 3. – pp. 43-450.

12. Kishore S., Viswanathan B., Varadarajan Th. Heteropolyacid-catalyzed synthesis of chloromethyl methyl ether // Tetrahedron Letters. – 2006. – Vol. 47. – pp. 429-431.

13. Palermo V., Romanelli G., Vazquez P.G. Mo-based Keggin heteropolyacids as catalysts in the green and selective oxidation of diphenyl sulfide // Journal of Molecular Catalysis. A. General. – 2013. – Vol. 373. – P. 142-150

14. Pat. 6534435B1. US. 2001. Process for in situ synthesis of supported heteropoly acids and salts thereof.

15. Zhang Q., Dandan L., Qianqian L., Deng T. Immobilizing Ni (II)-Exchanged Heteropolyacids on Silica as Catalysts for Acid-Catalyzed Esterification Reactions // Periodica Polytechnica Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 65. – N 1. – P. 21-27

16. Zhang Q., Ling D., Lei D., Deng T. Synthesis and catalytic properties of nickel salts of Keggin-type heteropolyacids embedded metal-organic framework hybrid nanocatalyst // Green Processing and Synthesis – 2020. – Vol. 9. – N 1. – pp. 14-25.

Информация об авторе

А.Д. Мустафаева – методист-титор, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности;

Г.С. Ширинова – педагог химии Сумгаитского государственного технического колледжа.

Information about authors

A.D. Mustafayeva – methodologist, Azerbaijan State University of Oil and Industry;

G.S. Shirinova – teacher of chemistry, Sumgayit State Technical College.

*Статья поступила в редакцию 20.11.2024; принята к публикации 22.12.2024.
The article was submitted 20.11.2024; accepted for publication 22.12.2024.*

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 502.35

DOI: 10.21510/3034-266X-2024-4-139-145

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ

Линара Равильевна Шугаипова¹, Арина Сергеевна Ушаридзе²

*^{1,2} Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

¹lika4.husainova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2077-7699>

²Asedleckaya@yandex.ru

Аннотация. Предлагаемая работа представляет собой опыт определения основных критериев оценки окружающей среды, препятствий в деле ее охраны, оздоровления и формирования, особенно в промышленных районах. Речь идет прежде всего об определении теоретических предпосылок, которыми необходимо руководствоваться при разработке концепции развития промышленных районов (агломераций) с учетом требований охраны среды.

Ключевые слова: охрана природы, промышленные районы, окружающая среда

Для цитирования: Шугаипова Р.Р., Ушаридзе А.С. Проблемы охраны окружающей среды в промышленных районах // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмуллы. Серия: Естественные науки. 2024. №4. С. 139–145.

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN INDUSTRIAL AREAS

Linara Ravilievna Shugaipova¹, Arina Sergeevna Usharidze²

*^{1,2} Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla,
Ufa, Russia*

¹lika4.husainova@yandex.ru

²Asedleckaya@yandex.ru

Abstract. The proposed work is an experience of determining the main criteria for assessing the environment, obstacles in its protection,

improvement and formation, especially in industrial areas. This is primarily about defining the theoretical prerequisites that must be followed when developing a concept for the development of industrial areas (agglomerations) taking into account environmental protection requirements.

Key words: environmental protection, industrial areas, environment

For citation: Shugaipova R.R., Usharidze A.S. Environmental protection issues in industrial areas // Bulletin of Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully. Series: Natural Sciences. 2024. pp. 139–145.

Проблемы охраны среды не должны решаться в отрыве от общих вопросов промышленности, сельского хозяйства, энергетики и связанных с ними капиталовложений. Только комплексный, детальный анализ и оценка всей совокупности проблем на базе изучения основных природных, санитарно-гигиенических, урбанистических и технических факторов при одновременном учете социально-экономических аспектов могут служить исходной базой для разработки действенного и рационального плана активной охраны и формирования среды, в том числе мероприятий по рекультивации и восстановлению уже опустошенных земель.

Принимая во внимание эти положения, можно перейти к оценке среды выбранных районов, учитывая испытываемые ею воздействия и связи, не исключая воздействий из-за пределов страны. Наибольшая эффективность охраны и формирования среды может быть достигнута только при комплексной разработке плана пропорционального развития районов в общей системе народного хозяйства страны.

Вопросы охраны среды представляют собой к тому же часть социально-экономических проблем. Они связаны с планами развития экономики страны, размещения рабочей силы, установления должных пропорций отдельных отраслей хозяйства в пределах района в целях оптимизации их структуры. Следует учитывать также «внешние» воздействия и связи.

Следовательно, основная цель анализа — оценка (диагноз) окружающей среды в отдельных районах страны, которая создала бы основу рационального размещения капиталовложений и рабочей силы. На основе использования материалов инвентаризаций, статистических данных, планов территориально-экономического развития страны, урбанистических концепций, прогнозов развития важнейших отраслей хозяйства, дополненных и обновленных в соответствии с требованиями современности, можно приступить к составлению объективного диагноза состояния районов и прогнозов их развития. Такая работа будет носить несколько другой характер по сравнению с выполнявшимися до настоящего времени исследованиями в области

территориального планирования, поскольку на основе специально разработанных методов агрегирования соответствующих факторов и использования их характерных параметров можно получить наиболее подходящую для данных условий и времени базу разработки принципов рациональной, активной охраны и формирования среды. Эти материалы могут быть использованы также для экспертизы и разработки альтернативных решений при распределении капиталовложений и их размещении, а также в целях **профилактической охраны** среды.

Однако до настоящего времени ряд учреждений не уделяет еще достаточного внимания общим вопросам охраны среды: отсутствие комплексных диагностических и прогнозных материалов не дает возможности целенаправленно руководить распределением капиталовложений и не позволяет преодолеть узковедомственный подход, рассчитанный на получение немедленного результата.

Разработка материалов, используемых для активной, рациональной охраны и формирования среды, предполагает применение новейших научно-технических достижений и должна быть поручена специальному научно-исследовательскому институту общегосударственного значения.

К общим следует отнести такие проблемы, как:

- а) изучение экономической роли районов в стране;
- б) критическая оценка современного состояния и развития работ по экономическому и административному планированию;
- в) оценка соблюдения законодательства по охране среды в отдельных районах и определение необходимых дополнительных мер;
- г) комплексная оценка влияния промышленности, сельского хозяйства, жилищного строительства, технических устройств на окружающую среду и их взаимосвязей;
- д) аналитические и диагностические исследования среды для определения принципов минимизации отрицательного влияния промышленного производства и строительства на среду, а также определение направлений их деятельности, которые могут оказать на нее положительное воздействие;
- е) разработка методов прогнозирования развития районов и системы факторов и критериев (параметров);
- ж) разработка методов графического изображения показателей на картах с целью выделения критических с точки зрения охраны среды пунктов, выявления барьеров, означающих необходимость ограничения строительства, свидетельствующих о новых возможностях развития некоторых отраслей промышленности либо о более рациональном использовании территории.

Оценка элементов ландшафта и всей природной среды промышленных районов представляет определенную сложность и

вызывает затруднения из-за многочисленности факторов, влияющих на состояние среды. Многие опыты, проведенные в ходе исследовательских работ, позволили прийти к определенным выводам. Выявлена необходимость ограничения числа исследуемых факторов в соответствии с местными условиями. Отдельные факторы подлежат детальному последованию для выявления положительных и отрицательных черт районов.

Оценка ландшафта с точки зрения его охраны и формирования может быть ограничена рассмотрением следующих групп вопросов:

- а) природные компоненты ландшафта (почвы, вода, воздух, растительный покров, климат) и связанные с ними вопросы гигиены;
- б) функции и эстетика ландшафта;
- в) экономико-географические и социально-экономические проблемы.

При этом необходимо учитывать взаимосвязи перечисленных элементов и их зависимость от условий соседних районов. Конечно, оценка ландшафта с целью улучшения и оздоровления среды человека в условиях планового хозяйства проводится для специально выбранных районов, представляющих собой экономическое, природное, функциональное и логическое единство. К сожалению, до настоящего времени практически не удается применить детальную оценку к выделенным по указанному принципу районам со сходными характеристиками ввиду полного отсутствия цифровых данных, за исключением структуры, определяемой кадастрами. Такой метод потребовал бы детальной инвентаризации территорий.

В аналитико-диагностической, и особенно в прогнозной, части работы необходимо учитывать взаимное влияние и связи изучаемой территории с соседними районами, расположенными за границами страны. Однако ощущается отсутствие цифровых данных как общего характера, так и относящихся главным образом к живой природе и эстетическим ценностям, что вынуждает прибегать к субъективным и эмпирическим методам исследования и оценкам. Таким образом, современная вычислительная техника и математические методы могут быть применены лишь к отдельным элементам.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Астахов, А.С. Экологическая безопасность и эффективность природопользования / А.С. Астахов, Е.Я. Диколенко, В.А. Харченко. – М.: МГГУ, 2006. – 323 с.
2. Дончева, А.В. Ландшафт в зоне воздействия промышленности / А.В. Дончева. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 96 с.
3. Калабин, Г.В. Использование спутниковых измерений для оценки состояния природной среды территории размещения

предприятий горнопромышленного комплекса / Г.В. Калабин // Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений: Материалы науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1-2 октября 2013 г. Екатеринбург.: ИГД УрО РАН, 2013. – С. 210 – 212.

4. МЯГКОВ, С. М. Концепция риска. Природно-антропогенные процессы и экологический риск / С. М. МЯГКОВ, А. Л. ШНЫПАРКОВ // Концепция риска. Издательский дом Городец. – 2004. – С. 265–274.

5. Андроханов, В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А. Андроханов, В.М. Курачев. – Новосибирск.: СО РАН, 2010. – 224 с.

6. Комфортность городской среды – анализ, измерение и проектирование роста: учебное пособие / Е,А. Булгакова; Московский информационно-технологический университет- Московский архитектурно-строительный институт. – Москва: МИТУ-МАСИ, 202. – 127с.

7. Афанасьев Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю.А.Афанасьев, С.А. Фомин, В.В.Меньшиков. М.:Изд-во МНЗПУ, 2001. – 334с.

8. Курбатова А.С. Экология города / А,С.Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов. -М.: Научный мир, 2004. 624с.

9. Андреев А.В. Модернизация и промышленная политика государства / А.В. Андреев// Свободная мысль. – 2010. - №8. – С.5-26.

10. Вертакова Ю.В. Промышленная политика России: направленность и инструментарий / Ю.В.Вертакова, Н.А. Плотникова, В.А. Плотников// Экономическое возрождение России. – 2017. -№3 (53). – С. 49-56.

11. Ксенофонтов Б.С. Промышленная экология: учебное пособие для вузов / Ксенофонтов Б.С., Павлихин Г.П., Симакова Е.Н. – М.: Форум: Инфа-М, 2013. – 207 с.

12. Рыбалов А.А. Качество окружающей среды / А.А. Рыбалов //Экологическая экспертиза. 2001. -№1. – С.12-67.

13. Кавеленова Л.М. Методы контроля за состоянием окружающей среды. – Самара: Самарский университет, 2006. – 100 с.

14. Борисков, Ф. Ф. Минимизация экологического ущерба в районах с повышенной экологической чувствительностью к переработке колчеданных руд / Ф. Ф. Борисков, В.Д. Кантемиров // Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: Труды Международного конгресса "ТЕХНОГЕН - 2012". Екатеринбург 13 – 15 июня 2012 г. Екатеринбург 2012. – С. 369 - 371.

15. Калабин, Г.В. Использование спутниковых измерений для

оценки состояния природной среды территории размещения предприятий горнопромышленного комплекса / Г.В. Калабин // Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений: Материалы науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1-2 октября 2013 г. Екатеринбург.: ИГД УрО РАН, 2013. – С. 210 – 212.

REFERENCE

1. Astaxov, A.S. E`kologicheskaya bezopasnost` i e`ffektivnost` prirodopol`zovaniya / A.S. Astaxov, E.Ya. Dikolenko, V.A. Xarchenko. – M.: MGGU, 2006. – 323 s.
2. Doncheva, A.B. Landshaft v zone vozdeystviya promy`shlennosti / A.V. Doncheva. – M.: Lesnaya promy`shlennost`, 1978. – 96 s.
3. Kalabin, G.V. Ispol`zovanie sputnikovy`x izmerenij dlya ocenki sostoyaniya prirodnoj sredy` territorii razmeshheniya predpriyatij gornopromy`shlennogo kompleksa / G.V. Kalabin // Texnologicheskaya platforma «Tverdy`e polezny`e iskopaemy`e»: texnologicheskie i e`kologicheskie problemy` otrabotki prirodny`x i texnogenny`x mestorozhdenij: Materialy` nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 1-2 oktyabrya 2013 g. Ekaterinburg.: IGD UrO RAN, 2013. – S. 210 – 212.
4. Myagkov, S. M. Konceptsiya riska. Prirodno-antropogenny`e processy` i e`kologicheskij risk / S. M. Myagkov, A.L. Shny`parkov // Konceptsiya riska. Izdatel`skij dom Gorodecz. – 2004. – S. 265–274.
5. Androxanov, V.A. Pochvenno-e`kologicheskoe sostoyanie texnogenny`x landshaftov: dinamika i ocenka / V.A. Androxanov, V.M. Kurachev. – Novosibirsk: SO RAN, 2010. – 224 s.
6. Komfortnost` gorodskoj sredy` – analiz, izmerenie i proektirovanie rosta: uchebnoe posobie / E.A. Bulgakova; Moskovskij informacionno-texnologicheskij universitet- Moskovskij arxitekturno-stroitel`ny`j institut. – Moskva: MITU-MASI, 202. – 127s.
7. Afanas`ev Yu.A. Monitoring i metody` kontrolya okruzhayushhej sredy` / Yu.A.Afanas`ev, S.A. Fomin, V.V.Men`shikov. M.:Izd-vo MNZPU, 2001. – 334s.
8. Kurbatova A.S. E`kologiya goroda / A.S.Kurbatova, V.N. Bashkin, N.S. Kasimov. – M.: Nauchny`j mir, 2004. 624s.
9. Andreev A.V. Modernizaciya i promy`shlennaya politika gosudarstva / A.V. Andreev// Svobodnaya my`sl`. – 2010. – №8. – S.5-26.
10. Vertakova Yu.V. Promy`shlennaya politika Rossii: napravlennost` i instrumentarij / Yu.V.Vertakova, N.A. Plotnikova, V.A. Plotnikov// E`konomicheskoe vozrozhdenie Rossii. – 2017. – №3 (53). – S. 49-56.
11. Ksenofontov B.S. Promy`shlennaya e`kologiya: uchebnoe

posobie dlya vuzov / Ksenofontov B.S., Pavlixin G.P., Simakova E.N. – М.: Forum: Infa-M, 2013. – 207 s.

12. Ry`balov A.A. Kachestvo okruzhayushhej sredy` / A.A. Ry`balov //E`kologicheskaya e`kspertiza. 2001. – №1. – S.12-67.

13. Kavelenova L.M. Metody` kontrolya za sostoyaniem okruzhayushhej sredy`. – Samara: Samarskij universitet, 2006. – 100 s.

14. Boriskov, F. F. Minimizaciya e`kologicheskogo ushherba v rajonax s povy`shennoj e`kologicheskoj chuvstvitel`nost`yu k pererabotke kolchedanny`x rud / F. F. Boriskov, V.D. Kantemirov // Fundamental`ny`e osnovy` texnologij pererabotki i utilizacii texnogenny`x otkodov: Trudy` Mezhdunarodnogo kongressa "TEXNOGEN - 2012". Ekaterinburg 13 – 15 iyunya 2012 g. Ekaterinburg 2012. – S. 369 – 371.

15. Kalabin, G.V. Ispol`zovanie sputnikovy`x izmerenij dlya ocenki sostoyaniya prirodnoj sredy` territorii razmeshheniya predpriyatij gornopromy`shlennogo kompleksa / G.V. Kalabin // Texnologicheskaya platforma «Tverdy`e polezny`e iskopaemy`e»: texnologicheskie i e`kologicheskie problemy` otrabotki prirodny`x i texnogenny`x mestorozhdenij: Materialy` nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 1-2 oktyabrya 2013 g. Ekaterinburg.: IGD UrO RAN, 2013. – S. 210 – 212.

Информация об авторах

Л. Р. Шугаипова – заместитель декана, преподаватель;

А. С. Ушаридзе – студент.

Information about authors

L. R. Shugaipova – Deputy Dean, Lecturer;

A. S. Usharidze – Student.

Статья поступила в редакцию 26.11.2024; принята к публикации 22.12.2024.

The article was submitted 26.11.2024; accepted for publication 22.12.2024.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Уважаемые коллеги!

**При подготовке статей в журнал
просим руководствоваться следующими правилами**

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Научный журнал «Вестник БГПУ им. М. Акмуллы» публикует статьи по следующим сериям:

- Естественные науки
- Филологические науки
- Социально-гуманитарные науки.

Основным требованием к публикуемому материалу является соответствие его высоким научным критериям (актуальность, научная новизна и другое).

Авторский материал может быть представлен как:

- обзор (до 16 стр.);
- оригинальная статья (до 8 стр.);
- краткое сообщение (до 2 стр.).

Работы сопровождаются *аннотацией и ключевыми словами*. К статье молодых исследователей (студентов, магистрантов, аспирантов) следует приложить заключение научного руководителя о возможности опубликования её в открытой печати.

Все принятые к работе оригиналы проходят проверку с помощью программы «Антиплагиат».

Всем авторам необходимо предоставить в редакцию отдельным файлом:

а) персональные данные по предложенной форме:

Фамилия Имя Отчество	
Место учебы / работы	
Должность	
Учёная степень	
Почтовый адрес (домашний)	
Факультет, курс,	

специальность	
Тел.: рабочий / мобил., дом.	
E-mail	
Тема работы	
Рубрика для публикации	

- б) согласие на обработку персональных данных по форме (ссылка: <https://bspu.ru/unit/251/docs>);
- в) оформленная строго по требованиям научная статья;
- г) заключение научного руководителя (студентам и аспирантам).

Название файла и письма должны соответствовать фамилии автора/авторов.

Материалы отправляются по электронному адресу: vestnik.bspu@yandex.ru

РЕКОМЕНДУЕМАЯ СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ

В начале статьи в левом верхнем углу на отдельной строке ставится индекс УДК.

Далее данные идут в следующей последовательности:

1. Полное название статьи (прописными буквами по центру);
2. Фамилия, имя, отчество (полностью), наименование организации, где выполнена работа, город, страна, электронный адрес;
3. Аннотация (содержит основные цели предмета исследования, главные результаты и выводы объёмом не менее 250 слов);
4. Ключевые слова (не более 15);
5. Данные для цитирования (фамилия, инициалы, название статьи, название журнала);
6. Пункты 1-5 на английском языке;
7. Текст публикации по структуре:
 - Введение:
 - *актуальность темы;*
 - *проблема, которую предстоит исследовать;*
 - *степень разработанности (обзор литературы);*
 - *цель и задачи;*
 - Основная часть:
 - *теоретико-методологические основы и методы исследования;*
 - *результаты исследования;*
 - Заключение:
 - *выводы;*
 - *возможные направления дальнейших исследований;*

8. Список источников (не менее 15), оформленная в соответствии с требованиями;

9. Транслитерация (Reference) с переводом названия источника;

10. Информация об авторе/ авторах на русском и английском языках.

Основные сведения об авторе содержат:

– имя, отчество, фамилию автора (полностью);

– наименование организации (учреждения), её подразделения, где работает или учится автор (без обозначения организационно-правовой формы юридического лица: ФГБУН, ФГБОУ ВО, ПАО, АО и т. п.);

– адрес организации (учреждения), её подразделения, где работает или учится автор (город и страна);

– электронный адрес автора (e-mail);

– открытый идентификатор учёного (Open Researcher and Contributor ID – ORCID) (при наличии).

Адрес организации (учреждения), где работает или учится автор, может быть указан в полной форме.

Электронный адрес автора приводят без слова “e-mail”, после электронного адреса точку не ставят.

ORCID приводят в форме электронного адреса в сети «Интернет». В конце ORCID точку не ставят.

Наименование организации (учреждения), её адрес, электронный адрес и ORCID автора отделяют друг от друга запятыми.

Пример –

Сергей Юрьевич Глазьев

Финансовый университет, Москва, Россия, serg1784@mail.ru,

https://orcid.org/0000-0003-4616-0758

1. В случае, когда автор работает (учится) в нескольких организациях (учреждениях), сведения о каждом месте работы (учёбы), указывают после имени автора на разных строках и связывают с именем с помощью надстрочных цифровых обозначений.

Пример –

Арпик Ашотовна Асратян^{1,2}

¹Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи, Москва, Россия, zasratyan@yahoo.com, https://orcid.org/0000-0003-1288-7561

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

2. Если у статьи несколько авторов, то сведения о них приводят с учётом нижеследующих правил.

Имена авторов приводят в принятой ими последовательности.

Сведения о месте работы (учёбы), электронные адреса, ORCID авторов указывают после имён авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений¹.

Пример –

Пётр Анатольевич Коротков¹, Алексей Борисович Трубянов², Екатерина Андреевна Загайнова³

¹Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, korotr@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0340-074X>

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, true47@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2342-9355>

³Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, e.zagaynova@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5432-7231>

3. Если у авторов одно и то же место работы, учёбы, то эти сведения приводят один раз.

Пример –

Юлия Альбертовна Зубок¹, Владимир Ильич Чупров²

^{1,2}Институт социально-политических исследований, Федеральный научно-исследовательский социологический центр, Российская академия наук, Москва, Россия

¹uzubok@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3108-261>

²chuprov443@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7881-9388>

После сведений обо всех авторах на отдельной строке в начале статьи.

Пример –

Автор, ответственный за переписку: Иван Васильевич Перов, ivp@mail.ru

Corresponding author: Ivan V. Perov, ivp@mail.ru

4. Когда приводят электронный адрес только одного автора или данный автор указан отдельно как ответственный за переписку, электронные адреса других авторов приводят в дополнительных сведениях об авторах в конце статьи.

5. Сведения об авторе (авторах) повторяют на английском языке после заглавия статьи на английском языке. Имя и фамилию автора (авторов) приводят в транслитерированной форме на латинице полностью, отчество сокращают до одной буквы (в отдельных случаях, обусловленных особенностями транслитерации, до двух букв).

Пример –

Sergey Yu. Glaz'ev

Financial University, Moscow, Russia, serg1784@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-4616-0758>

6. Дополнительные сведения об авторе (авторах) могут содержать:

– полные имена, отчества и фамилии, электронные адреса и ORCID авторов,

если они не указаны на первой полосе статьи (см. 4.9.2.2);

– учёные звания;

– учёные степени;

– другие, кроме ORCID, международные идентификационные номера авторов.

Дополнительные сведения об авторе (авторах) приводят с предшествующими словами «Информация об авторе (авторах)» (“Information about the author (authors)”) и указывают в конце статьи после «Списка источников».

Пример –

Информация об авторах

Ю.А. Зубок – доктор социологических наук, профессор;

В.И. Чупров – доктор социологических наук, профессор.

Information about the authors

Ju.A. Zubok – Doctor of Science (Sociology), Professor;

V.I. Chuprov – Doctor of Science (Sociology), Professor.

Пример

Информация об авторе

С.Ю. Глазьев – д-р экон. наук, проф., акад. Рос. акад. наук.

Information about the author

S.Yu. Glaz'ev – Dr. Sci. (Econ.), Prof., Acad. of the Russ. Acad. of Sciences.

7. Аннотацию формируют по ГОСТ Р 7.0.99. Объем аннотации не превышает 250 слов. Перед аннотацией приводят слово «Аннотация» (“Abstract”).

Вместо аннотации может быть приведено резюме. Объем резюме обычно не превышает 250–300 слов.

8. Ключевые слова (словосочетания) должны соответствовать теме статьи и отражать её предметную, терминологическую область. Не используют обобщённые и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты.

Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 3 и больше 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» (“Keywords:”), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят.

Пример –

Книгоиздание России в 2019 г.

Галина Викторовна Перова¹, Константин Михайлович Сухоруков²

^{1, 2}Российская книжная палата, Москва, Россия

¹perova_g@tass.ru

²a-bibliograf@mail.ru

Аннотация. Авторы приводят основные статистические показатели отечественного книгоиздания за 2019 г., анализируя состояние выпуска печатных изданий и тенденции развития издательского дела в России.

Ключевые слова: издательское дело, статистика книгоиздания, Российская книжная палата, Россия

Publishing in Russia in 2019

Galina V. Perova¹, Konstantin M. Sukhorukov²

^{1, 2}Russian Book Chamber, Moscow, Russia

¹perova_g@tass.ru

²a-bibliograf@mail.ru

Abstract. The authors provide the main statistics of the Russian book publishing in 2019, analyzing the output indicators of printed publications and trends in the publishing industry in Russia.

Keywords: publishing, publishing statistics, Russian Book Chamber, Russia

9. После ключевых слов приводят слова благодарности организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи, проектах, научно-исследовательских работах, в рамках или по результатам которых опубликована статья.

Эти сведения приводят с предшествующим словом «Благодарности:». На английском языке слова благодарности приводят после ключевых слов на английском языке с предшествующим словом “Acknowledgments:”.

Пример –

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 17-77-3019; авторы выражают благодарность Алексею Вадимовичу Зимину за предоставление данных о донной топографии в Белом море.

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project № 17-77-300; the authors are grateful to Aleksey V. Zimin for providing the bottom topography data of the White Sea.

10. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.0.1 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (-ов) или других правообладателей и года публикации статьи.

Знак охраны авторского права приводят внизу первой полосы статьи с указанием фамилий и инициалов авторов и года публикации статьи.

© Олесова Е.И., 2022

или

© Левитская Н.Г., Бойкова О.Ф., Киян Л.Н., 2022.

11. Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «СПИСОК ИСТОЧНИКОВ». Использование слов «Библиографический список», «Библиография» не рекомендуется.

12. В перечень затекстовых библиографических ссылок включают записи только на ресурсы, которые упомянуты или цитируются в основном тексте статьи.

Библиографическую запись для перечня затекстовых библиографических ссылок составляют по ГОСТ Р 7.0.5.

13. Отсылки на затекстовые библиографические ссылки оформляют по ГОСТ Р 7.0.5.

14. Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи.

15. Дополнительно приводят перечень затекстовых библиографических ссылок на латинице (“**REFERENCES**”) согласно выбранному стилю оформления перечня затекстовых библиографических ссылок, принятому в зарубежных изданиях: Harvard, Vancouver, Chicago, ACS (American Chemical Society), AMS (American Mathematical Society), APA (American Psychological Association) и др. (см. Приложение). Нумерация записей в дополнительном перечне затекстовых библиографических ссылок должна совпадать с нумерацией записей в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.

16. Пристатейный библиографический список помещают после перечня затекстовых ссылок с предшествующими словами «Библиографический список».

17. В пристатейный библиографический список включают записи на ресурсы по теме статьи, на которые не даны ссылки, а также записи на произведения лиц, которым посвящена статья.

Библиографическую запись для пристатейного библиографического списка составляют по ГОСТ 7.80, ГОСТ Р 7.0.100.

18. Библиографические записи в пристатейном библиографическом списке нумеруют и располагают в алфавитном или хронологическом порядке.

19. Приложение (приложения) к статье публикуют с собственным заглавием. В заглавии или подзаголовочных данных приложения приводят сведения о том, что данная публикация является приложением к основной статье.

При наличии двух и более приложений их нумеруют.

20. В статье могут быть внутритекстовые, подстрочные и затекстовые примечания.

21. Внутритекстовые примечания помещают внутри основного текста статьи в круглых скобках.

22. Подстрочные примечания помещают внизу соответствующей страницы текста статьи.

22. Затекстовые примечания помещают после основного текста статьи перед «Списком источников» с предшествующим словом «Примечания».

23. Затекстовые и подстрочные примечания связывают с текстом, к которому они относятся, знаками выноски или отсылки.

24. Внутритекстовые и подстрочные примечания, содержащие библиографические ссылки, составляют по ГОСТ Р 7.0.5.

25. При публикации статьи, переведённой с языка народов Российской Федерации или иностранного языка, а также при перепечатке статьи из другого источника в подстрочном примечании на первой полосе статьи приводят библиографическую запись на оригинальную статью по ГОСТ 7.80, ГОСТ Р 7.0.100.

26. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят в конце статьи после «Информации об авторах». Этим сведениям предшествуют слова «Вклад авторов:» (“Contribution of the authors:”). После фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т. д.).

Пример –

Вклад авторов:

Артемяева С. С. научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; участие в разработке учебных программ и их реализации; написание исходного текста; итоговые выводы.

Митрохин В. В. участие в разработке учебных программ и их реализации; доработка текста; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Artemyeva S. S. scientific management; research concept; methodology development; participation in development of curricula and their implementation; writing the draft; final conclusions.

Mitrokhin V. V. participation in development of curricula and their implementation; follow-on revision of the text; final conclusions.

27. Сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов и детализацию такого конфликта в случае его наличия приводят в конце статьи после «Информации об авторах». Если в статье приводят данные о вкладе каждого автора, то сведения об отсутствии или наличии конфликта интересов указывают после них.

Пример –

***Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

***Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.*

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ СТАТЬИ

Текст статьи предоставляется в редакцию в виде файла с названием, соответствующим фамилии первого автора статьи в формате.doc (текстовый редактор Microsoft Word 6.0 и выше), и должен отвечать нижеприведенным требованиям.

Компьютерную подготовку статей следует проводить посредством текстовых редакторов, использующих стандартный код ASCII (Multi-Edit, Norton-Edit, Lexicon), MS Word for Windows или (предпочтительно) любой из версий пакета TeX.

- Параметры страницы: формат А4; ориентация книжная; поля: верхнее 2 см, нижнее 2 см, левое 2 см, правое 2 см.

- Шрифт Times New Roman; размер шрифта 12 pt; межстрочный интервал 1; отступ (абзац) 1,25.

Следует различать дефис (-) и тире (–). Дефис не отделяется пробелами, а перед тире и после ставится пробел.

Перед знаком пунктуации пробел не ставится.

Кавычки типа « » используются в русском тексте, в иностранном “ ”.

Кавычки и скобки не отделяются пробелами от заключенных в них слов, например: (при 300 К).

Все сокращения должны быть расшифрованы.

Подписи к таблицам и схемам должны предшествовать последним. Подписи к рисункам располагаются под ними и должны содержать четкие пояснения, обозначения, номера кривых и диаграмм.

На таблицы и рисунки должны быть ссылки в тексте, при этом не допускается дублирование информации таблиц, рисунков и схем в тексте. Рисунки и фотографии должны быть предельно четкими (по возможности цветными, но без потери смыслового наполнения при переводе их в черно-белый режим) и представлены в формате *.jpg, *.eps, *.tif, *.psd, *.psx. Желательно, чтобы рисунки и таблицы были как можно компактнее, но без потери качества. В таблице границы ячеек обозначаются только в «шапке». Каждому столбцу присваивается номер, который используется при переносе таблицы на следующую страницу. Перед началом следующей части в правом верхнем углу курсивом следует написать «Продолжение табл. ...» с указанием ее номера. Сложные схемы, рисунки, таблицы формулы желательно привести на отдельном листе. Не допускается создание макросов Microsoft Word для создания графиков и диаграмм.

Расстояние между строками формул должно быть не менее 1 см. Следует четко различать написание букв n , h и u ; g и q ; a и d ; U и V ; ξ и ζ ; v , ϑ и ν и т.д. Прописные и строчные буквы, различающиеся только своими размерами (C и c , K и k , S и s , O и o , Z и z и др.), подчеркиваются карандашом двумя чертами: прописные снизу, строчные сверху ($\underline{\underline{P}}$, $\overline{\overline{p}}$; $\underline{\underline{S}}$, $\overline{\overline{s}}$). Латинские буквы подчеркиваются волнистой чертой снизу, греческие – красным цветом, полужирные символы – синим.

Индексы и показатели степени следует писать четко, ниже или выше строки, и отчеркивать дужкой (\frown для нижних индексов и \smile для верхних) карандашом. Цифра 0 (ноль), а также сокращения слов в индексах подчеркиваются прямой скобкой $_$.

Употребление в формулах специальных, в частности, готических и русских букв, а также символов (например, \mathcal{L} , \mathcal{P} , \mathcal{A} , \mathcal{D} , \mathcal{M} , \mathcal{G} , \mathcal{F} , \mathcal{Z} , \mathcal{P} , \mathcal{R} , ∇ , \oplus , \exists и др.) следует особо отмечать на полях рукописи.

Нумерация математических формул приводится справа от формулы курсивом в круглых скобках. Для удобства форматирования следует использовать таблицы из двух столбцов, но без границ. В левом столбце приводится формула, в правом номер формулы.

Ссылки на математические формулы приводятся в круглых скобках курсивом и сопровождаются определяющим словом. Например: согласно уравнению (2) ...

Транскрипцию фамилий и имен, встречающихся в ссылке, необходимо по возможности представлять на оригинальном языке (преднамеренно не русифицируя), либо приводить в скобках иноязычный вариант транскрипции фамилии.

Список источников литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 в порядке цитирования. Литературный источник в списке

литературы указывается один раз (ему присваивается уникальный номер, который используется по всему тексту публикации).

ОБРАЗЦЫ ОФОРМЛЕНИЯ ССЫЛОК НА ЛИТЕРАТУРУ

Общая схема библиографического описания:

КНИГА С ОДНИМ, ДВУМЯ или ТРЕМЯ АВТОРАМИ:
ЗАГОЛОВОК (фамилия, инициалы авторов) ОСНОВНОЕ
ЗАГЛАВИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ (учеб. пособие)
СВЕДЕНИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ (И.О. Фамилия
редактора, составителя; университет)
СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗДАНИИ (2-е изд., перераб. и доп.)
МЕСТО ИЗДАНИЯ (Москва, Новосибирск)
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГОД ИЗДАНИЯ.
КОЛИЧЕСТВО СТРАНИЦ.

Если нет какой-либо области описания пропускаем.

Примеры:

Книга с одним автором:

Росляков А.В. ОКС №7: архитектура, протоколы, применение.
– Москва: ЭкоТрендз, 2010. – 315 с.

Книга с двумя авторами:

Ручкин В.Н., Фулин В.А. Архитектура компьютерных сетей. –
Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2010. – 238 с.

Книга с тремя авторами:

Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И.
Макроэкономика: учебник. Москва: Высш. образование, 2011. – 658с.

Максименко В. Н., Афанасьев В. В., Волков Н. В. Защита
информации в сетях сотовой подвижной связи / под ред.
О.Б. Макаревича. Москва: Горячая линия-Телеком, 2009. – 360 с.

Книга с четырьмя и более авторами: Описание начинается с
ОСНОВНОГО ЗАГЛАВИЯ. В сведениях об ответственности
указываются либо все авторы, либо первый автор с добавлением в
квадратных скобках сокращения "и другие" [и др.]

1. История России в новейшее время: учебник /
А.Б. Безбородов, Н.В. Елисеева, Т. Ю. Красовицкая, О.В. Павленко. –

Москва: Проспект, 2014. – 440с.

или

1. История России в новейшее время: учебник / А.Б. Безбородов [и др.]. Москва: Проспект, 2014. – 440 с.

Книга без автора:

Страхование: учебник / под ред. Т.А. Федоровой. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Магистр, 2011. – 106 с.

Многотомное издание:

Экономическая история мира. Европа. Т. 3 / под общ. ред. М.В. Конотопова. – Москва: Издат.-торг. корпорация «Дашков и К», 2012. – 350 с.

Учебное пособие вуза:

Заславский К.Е. Оптические волокна для систем связи: учеб. пособие / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. – Новосибирск, 2008. – 96 с.

или

Заславский К.Е. Оптические волокна для систем связи: учеб. пособие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2008. – 96 с.

Нормативные документы:

Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике: РД 153-34.0-03.298-2001. Введ. с 01.05.2001. – М., 2002. – 91с.

ГОСТ 7.80-2000. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления. Введ. 2001-07-01. М., 2000. 7с.

Общая схема описания статей из журналов:

Фамилия И.О. автора статьи. Название статьи // Название журнала. – Год. – №. С.

Статья с одним автором:

Волков А.А. Метод принудительного деления полосы частот речевого сигнала // Электросвязь. 2010. – № 11. – С. 48-49.

Статья с тремя авторами:

Росляков А., Абубакиров Т., Росляков Ал. Системы поддержки операционной деятельности провайдеров услуг VPN // Технологии и средства связи. 2011. – № 2. – С. 60-62.

Статья с четырьмя и более авторами:

Сверхширокополосные сигналы для беспроводной связи / Ю.В. Андреев, А. С. Дмитриев, Л.В. Кузьмин, Т.И. Мохсени // Радиотехника. – 2011. – № 8. – С. 83-90.

Общая схема описания электронного документа:

ЗАГОЛОВОК (фамилия, инициалы авторов) ОСНОВНОЕ ЗАГЛАВИЕ

ОБЩЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА [Электронный ресурс]

СВЕДЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ЗАГЛАВИЮ : справочник

СВЕДЕНИЯ ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ / под ред. И.И. Бун

МЕСТО ИЗДАНИЯ ГОРОД

ИМЯ ИЗДАТЕЛЯ

ДАТА ИЗДАНИЯ

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Смирнов А.И. Информационная глобализация и Россия [Электронный ресурс]: вызовы и возможности. – М., 2005. 1 CD-ROM.

**Описание ресурсов удаленного доступа (интернет-ресурсы)
описание сайта:**

Название сайта [Электронный ресурс]: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности (это данные о составителях сайта). – Город: Имя (наименование) издателя или распространителя, год. – URL: <http://www>. (дата обращения: _ . .)

Пример:

1. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Т.В. Власенко; Web-мастер Н.В. Козлова. – Москва: Рос. гос. б-ка, 1997. – URL: <http://www.rsl.ru>. (дата обращения: 11.12.13).

2. Исследовано в России [Электронный ресурс]: научный журнал / Моск. физ.- техн. ин-т. Долгопрудный: МФТИ, 1998. – URL: <http://zhurnal.mipt.rssi.ru>. (дата обращения: 11.12.13)

Материал (текст, статья), расположенный на сайте:

Фамилия И.О. авторов. Заглавие текста на экране [Электронный ресурс] // Заглавие сайта: сведения, относящиеся к заглавию / сведения об ответственности. URL: <http://www>. (дата обращения:.....)

Если нет какой-либо области описания пропускаем.

Образец:

ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЕ

Научная статья
УДК 81'38

СТИЛИСТИЧЕСКОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ПОВЕСТИ А.С. ПУШКИНА «КАПИТАНСКАЯ ДОЧКА»

*Иван Иванович Иванов*¹, *Иван Иванович Сидоров*²

^{1,2}*Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

¹*Институт нефтехимических процессов Национальной
академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан*

¹*ivanov@mail.ru*

²*nova8@mail.ru*

Аннотация. В статье проводится стилистический анализ повести А.С. Пушкина «Капитанская дочка», исследуются уникальные стилистические особенности произведения. Анализ текста с точки зрения языковых и стилистических приемов позволяет раскрыть особенности художественного исполнения и языкового мастерства. Исследование фокусируется на использовании лексических оборотов, фразеологизмов, художественных приемов, а также на роли стилистики в создании образов. Результаты анализа помогают более глубоко понять и оценить вклад А.С. Пушкина в развитие русской литературы, а также выдвинуть новые исследовательские гипотезы относительно структуры и смысла «Капитанской дочки».

Ключевые слова: А.С. Пушкин, Капитанская дочка, стилистический прием, языковое мастерство, повесть

Для цитирования: Иванов И.И., Сидоров И.И. Стилистическое своеобразие повести А.С. Пушкина «Капитанская дочка» // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. Серия: Филологические науки. 2024. № 1. С.

LITERARY STUDIES

Original article

THE STYLISTIC UNIQUENESS OF THE NOVELLA "THE CAPTAIN'S DAUGHTER" BY A.S. PUSHKIN

*Ivan I. Ivanov*¹, *Ivan I. Sidorov*²

Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст
Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст Текст

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мардаева Т.В. Культурологический контекст изучения философской повести-притчи Ричарда Баха «Чайка по имени Джонатан Ливингстон» в школе // Известия Самарского научного центра РАН. Самара, 2016. – Т. 18. – № 2 (2). – С. 181-183.
2. Никулин К.А. Поэтика художественного текста: учебно-методическое пособие. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2024. – 258 с.
3. Bach R. Jonathan Livingston Seagull. London: Element, 2020. – 56 p.

REFERENCES

1. Mardaeva T.V. Kulturologicheskyy kontekst izucheniya filosofskoy povesti-pritchi Richarda Bacha Chaika to imeni Jonathan Livingston” [Cultural context of studying the philosophical tale of Richard Bach's “Jonathan Livingston Seagull” in school] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. Samara, 2016. – Vol. 18. – No. 2 (2). – pp. 181-183.
2. Nikulin K.A. Poetika ahudozhestvennogo teksta: uchebno-metodicheskoe posobie [Poetics of the English-language artistic text: a study guide]. – Ufa: BGPU Publishing, 2016. – 258 p.
3. Bach R. Jonathan Livingston Seagull. London: Element, 2003. – 56 p.

Информация об авторах

И.И. Иванов – аспирант;

И.И. Сидоров – кандидат филологических наук, доцент.

Information about the authors

I.I. Ivanov – graduate student;

I.I. Sidorov – Candidate of Science (Philology), Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 00.00.2024; принята к публикации 00.00.2024.

The article was submitted 00.09.2024; accepted for publication 00.00.2024.

**ВЕСТНИК
БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. М. АКМУЛЛЫ**

16 +

Серия: Естественные науки.

**Редакция не всегда разделяет мнение авторов.
Статьи публикуются в авторской редакции.**

Компьютерный набор.
Гарнитура Times New Roman
Гарнитура Times.
Формат 60×90/16
Тираж 1000 экз.