

# ВЕСТНИК МГПУ.

**СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ».**

**MCU JOURNAL  
OF NATURAL SCIENCES**

**№ 1 (49)**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ / SCIENTIFIC JOURNAL**

**Издается с 2008 года  
Выходит 4 раза в год**

**Published since 2008  
Quarterly**

**Москва  
2023**

## **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

- Реморенко И. М.** ректор ГАОУ ВО МГПУ, доктор педагогических наук, доцент, почетный работник общего образования Российской Федерации, член-корреспондент РАО  
председатель
- Рябов В. В.** президент ГАОУ ВО МГПУ, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент РАО  
заместитель  
председателя
- Геворкян Е. Н.** первый проректор ГАОУ ВО МГПУ, доктор экономических наук, профессор, академик РАО  
заместитель  
председателя
- Агранат Д. Л.** проректор по учебной работе ГАОУ ВО МГПУ, доктор социологических наук, доцент  
заместитель  
председателя

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

- Страдзе А. Э.** директор Института естествознания и спортивных технологий МГПУ (ИЕСТ МГПУ), доктор социологических наук  
главный редактор
- Налобина А. Н.** профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки ИЕСТ МГПУ, доктор биологических наук, доцент  
заместитель  
главного редактора
- Борисовец Д. Р.** старший преподаватель кафедры физического воспитания и безопасности жизнедеятельности ИЕСТ МГПУ, член Союза журналистов России  
ответственный  
секретарь
- Быховская И. М.** профессор ИЕСТ МГПУ, доктор философских наук, профессор
- Воронов Л. Н.** профессор кафедры медицинской биологии с курсом микробиологии и вирусологии Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова, доктор биологических наук, профессор
- Горская И. Ю.** профессор кафедры естественно-научных дисциплин Сибирского государственного университета физической культуры и спорта, доктор педагогических наук, профессор
- Калуцков В. Н.** профессор кафедры региональных исследований факультета иностранных языков и регионоведения МГУ им. М. В. Ломоносова, доктор географических наук, профессор
- Коптюг А. В.** руководитель научной группы исследовательского центра спортивных технологий Университета Средней Швеции (г. Эстерсунд, Швеция), кандидат физико-математических наук, профессор
- Лопатников Д. Л.** старший научный сотрудник лаборатории географии мирового развития Института географии РАН, доктор географических наук, доцент
- Луговской А. М.** профессор кафедры географии Московского государственного университета геодезии и картографии, доктор географических наук, кандидат биологических наук, доцент

- Максимов В. И.** профессор Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, доктор биологических наук, профессор
- Оганджанов А. Л.** профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки ИЕСТ МГПУ, доктор педагогических наук, профессор
- Паиков С. В.** декан факультета математики и естественных наук Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева, кандидат географических наук, доцент
- Пушкина В. Н.** профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки ИЕСТ МГПУ, доктор биологических наук, профессор
- Рахимов И. И.** профессор Казанского (Приволжского) федерального университета, доктор биологических наук, профессор
- Резанов А. Г.** профессор кафедры биологии и физиологии человека ИЕСТ МГПУ, доктор биологических наук, доцент, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации
- Стрижак А. П.** профессор кафедры физического воспитания и безопасности жизнедеятельности ИЕСТ МГПУ, доктор педагогических наук, профессор
- Тамбовцева Р. В.** заведующая кафедрой биохимии и биоэнергетики спорта им. Н. И. Волкова Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», доктор биологических наук, профессор, академик РАЕ
- Федорова Е. Ю.** профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки ИЕСТ МГПУ, заведующая лабораторией возможностей человека, доктор биологических наук, доцент
- Холзер А. Н.** директор реабилитационно-восстановительного центра (г. Гланд, Швейцария), доктор педагогических наук, доцент
- Шульгина О. В.** заведующая кафедрой географии и туризма ИЕСТ МГПУ, доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Слово главного редактора</b> .....	6
<b>Биологические науки</b>	
<i>Кропова Ю. Г., Кукушкина О. В.</i> Особенности функционирования вкусового анализатора человека .....	8
<i>Аниськина М. В., Выродов И. В., Ховрин А. Н.</i> Реакция <i>Malus sylvestris</i> на воздействие антропогенных загрязнителей .....	27
<i>Жукова Н. В.</i> Значение и способы синтеза пирролохинолинхинона (PQQ) .....	35
<i>Зубова М. Ю., Каирбекова Д. М., Назаренко Л. В., Малюкова Л. С., Загоскина Н. В.</i> Влияние микроэлементов на накопление биофлавоноидов в растениях чая .....	47
<i>Резанов А. А., Резанов А. Г.</i> Пути синантропизации птиц в условиях мегаполиса .....	57
<b>Науки о Земле</b>	
<i>Маркова О. И.</i> Атласная информационная система для сохранения природного наследия в мегаполисе .....	74
<b>Здоровьесберегающие технологии</b>	
<i>Назарова К. М., Налобина А. Н.</i> Возможности эрготерапии для улучшения качества жизни при болезни Паркинсона .....	88
<i>Шалабодина В. А.</i> Постковидный синдром и когнитивные нарушения: анализ состояния здоровья студентов .....	97
<b>Авторы «Вестника МГПУ. Серия «Естественные науки», 2023, № 1 (49)</b> .....	105
Требования к оформлению статей .....	110

## CONTENTS

<b>World of Editor</b> .....	6
------------------------------	---

### Biological Sciences

<i>Kropova Yu. G., Kukushkina O. V.</i> Peculiarities of human taste analyzer functioning .....	8
<i>Aniskina M. V., Vyrodov I. V., Khovrin A. N.</i> <i>Malus sylvestris</i> response to exposure to anthropogenic pollutants.....	27
<i>Zhukova N. V.</i> The value and methods of synthesis Pyrroloquinolinquinone (PQQ) .....	35
<i>Zubova M. Yu., Kairbekova D. M., Nazarenko L. V., Malyukova L. S., Zagoskina N. V.</i> Effect of trace elements on bioflavonoid accumulation in tea plants.....	47
<i>Rezanov A. A., Rezanov A. G.</i> Ways of synanthropization of birds in a metropolis.....	57

### Earth Sciences

<i>Markova O. I.</i> Atlas information systems to preserve the natural heritage in the metropolis .....	74
---	----

### Health Saving Technologies

<i>Nazarova K. M., Nalobina A. N.</i> Possibilities of occupational therapy to improve the quality of life in Parkinson's disease .....	88
<i>Shalabodina V. A.</i> Cognitive impairment in Post-COVID-19 Syndrome: analysis of students' health status .....	97

<b>Authors of MCU Journal of Natural Sciences, 2023, № 1 (49)</b> .....	105
---	-----

Requirements for Style of Articles .....	110
--	-----



Дорогие читатели!

**П**редставляем вам первый в 2023 году выпуск журнала «Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки».

Прежде всего хотелось бы поздравить вас, авторов, рецензентов и редакционную коллегию с возвращением нашего журнала в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), что является высокой и логичной оценкой многолетнего и кропотливого труда целой команды.

Это открывает новые перспективы для публикации различных материалов и результатов исследований, приглашения к сотрудничеству авторов, претендующих на соискание научных степеней, поддержки деятельности научных школ и студенческих научных сообществ.

Первый номер нашего журнала мы открываем уникальными материалами по различным отраслям естественных наук.

Вы никогда не задумывались, какая существует связь между вкусовыми анализаторами человека и его восприятием окружающей действительности? Какие отходы промышленного характера, в силу многих причин, являются естественными опылителями яблоневых растений, хотя и относятся к числу приоритетных загрязнителей? Что такое пирролохинолинхинон (PQQ) и какова его роль в окислительно-восстановительных процессах организма и поддержании его митохондриальной функции? Какова связь когнитивных нарушений с последствиями перенесенной инфекции COVID-19?

Ответы на эти и многие другие вопросы, связанные со здоровьесбережением с помощью некоторых известных всем растений с уникальным химическим составом, синантропизацией пернатых в исторической ретроспективе, последствиями ландшафтных благоустройств природных комплексов, применением эрготерапии для улучшения качества жизни при болезни Паркинсона, вы найдете на страницах нашего журнала.

Мы будем стараться в течение 2023 года собирать для вас самые интересные материалы о передовых отечественных и зарубежных исследованиях и разработках, формировать научный дискурс по проблемам естественно-научного образования,

природе возникновения вещей и процессов, эффективности функционирования человеческого организма и других нарративах естествознания.

Полезного вам прочтения!

С уважением, главный редактор журнала  
«Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки»,  
доктор социологических наук *Александр Эдуардович Страдзе*



УДК 581.19

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.1

Юлия Геннадьевна Кропова<sup>1</sup>,  
Ольга Владимировна Кукушкина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Московский городской педагогический университет, Россия, Москва

## Особенности функционирования вкусового анализатора человека

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения быстроты и чувствительности возникновения вкусового ощущения.

Актуальность работы заключается в том, что нарушение восприятия вкуса мешает человеку правильно и в полной мере воспринимать окружающую действительность. Соответственно, изучение особенностей функционирования вкусового анализатора является весьма актуальным и значимым. Правильная работа вкусовых рецепторов может помочь избежать различных отравлений, выявить нарушения в восприятии вкуса.

Быстроту возникновения вкусового ощущения изучали капельным методом, используя растворы полыни горькой, сахарозы, лимонной кислоты и поваренной соли, время возникновения вкусового ощущения замеряли секундомером, интенсивность вкуса определяли по пятибалльной шкале. Чувствительность вкусового анализатора и быстрота возникновения ощущения проводилась на разных зонах языка: кончике, краях и основании).

В ходе исследования было определено, что самый короткий интервал времени до появления вкусового ощущения — у соленого раздражителя, а самый длительный — у горького. Проведенное исследование показало, что наблюдается незначительное ослабление чувствительности вкусовых рецепторов с увеличением возраста испытуемых. Также было выявлено, что юноши наиболее восприимчивы к соленому и горькому вкусу, а девушки — к сладкому и кислому.

**Ключевые слова:** вкусовой анализатор, быстрота возникновения ощущения, чувствительность, вкусовые сосочки



UDC 581.19

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.1

**Julia Gennadievna Kropova<sup>1</sup>,**  
**Olga Vladimirovna Kukushkina<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Moscow City University, Russia, Moscow

## **Peculiarities of human taste analyzer functioning**

**Abstract.** The article presents the results of studying the speed and sensitivity of the onset of taste sensation.

The relevance of the work is that the violation of taste perception prevents a person from correctly and fully perceiving the surrounding reality. Accordingly, the study of the characteristics of the taste analyzer is very relevant and significant. Proper operation of taste buds can help avoid various poisonings, identify disorders in taste perception.

The speed of taste sensation occurrence was studied by a drop method using solutions of bitter wormwood, sucrose, citric acids and table salt, the time of taste sensation occurrence was determined with a stopwatch, taste intensity was determined on a five-point scale. The sensitivity of the taste analyzer and the speed of sensation were carried out on different areas of the tongue (tip, edges and base).

It is shown that salty irritant has the shortest time interval before taste appearance, and bitter irritant has the longest time interval before taste sensation appearance. The study showed that there is a slight weakening of the sensitivity of taste buds with an increase in the age of the subjects. It was also revealed that young men are the most susceptible to salty and bitter taste, while girls are the most susceptible to sweet and sour.

**Keywords:** taste analyzer, speed of sensation occurrence, sensitivity, taste papillae

## **Введение**

**Д**ля обеспечения нормальной жизнедеятельности организма необходимо постоянство его внутренней среды, а также связь и приспособление к непрерывно меняющимся условиям окружающей среды. С помощью анализаторов организм получает информацию о внешней и внутренней среде и формирует специфические ощущения, образы, а также специфические формы приспособительного поведения.

Деятельность анализаторов обычно связывают с возникновением пяти чувств: зрения, слуха, вкуса, обоняния и осязания. Понимание физиологических процессов, лежащих в основе функционирования вкусовых анализаторов, имеет большое значение для выживания организма, корректной работы пищеварительной системы. Такие знания необходимы для врача любой специальности.

Исследованиями в данной области занимались такие ученые, как Иван Петрович Павлов, установивший нахождение в больших полушариях центральных концов анализаторов, связанных, с одной стороны, с восприятием раздражений, поступающих извне, а с другой — с импульсами, поступающими из скелетной

мускулатуры и внутренних органов, А. Дородницына, Н. Аносов, Л. А. Андреев, А. А. Заварзин, В. М. Бехтеров. С. Д. Ролле, изучая вкусовые пороги у людей, определил, что у большинства пороги ниже на левой половине языка.

Организм взаимодействует с окружающей средой посредством сенсорных систем. Вся совокупность нервных образований, обеспечивающая восприятие тех или иных стимулов, носит название сенсорной системы, или анализатора. Термин «анализатор» был предложен в 1909 г. И. П. Павловым [3, 7].

Роль вкусового анализатора в жизнедеятельности организма связана с восприятием химических, механических, температурных и болевых раздражителей рецепторов слизистой оболочки полости рта, а также обонятельных рецепторов. Вкусовое ощущение, как и обонятельное, основано на хеморецепции. Вкусовые анализаторы обеспечивают формирование вкусовых ощущений, которые неразрывно связаны с обонянием. Если обоняние выключено, то пища теряет аромат и остаются элементарные вкусовые ощущения [1, 2, 10].

В процессе эволюции вкус у человека формировался как механизм выбора или отказа от пищи [9].

Вкусовой анализатор представляет собой сложную морфофункциональную систему, обеспечивающую тонкий анализ химических раздражителей, которые, в свою очередь, оказывают воздействие на органы вкуса животных и человека. Вкусовая система включает периферический, проводниковый и центральный отделы.

Как уже говорилось выше, вкусовое ощущение основано на хеморецепции, что является аналогичным для обоняния. Рецепторы вкусовой системы чаще всего мультимодальны. Об этом свидетельствует тот факт, что вкус в рецепторах вкусового анализатора обуславливается наличием ощущения запаха, температуры и давления. На процесс возникновения вкуса большое влияние оказывает запах.

Рассмотрим анатомическую организацию вкусового анализатора.

Рецепторный отдел вкусового анализатора включает в себя:

- *вкусовые рецепторы*, имеющие особые пузырьки. В этих пузырьках содержится медиатор серотонин;
- *проприорецепторы*, локализованные в мышцах, сухожилиях и суставах;
- *тактильные рецепторы прикосновения и давления* — максимальное их количество расположено на кончике языка и красной кайме губ. Наименьшее количество данных рецепторов находится в слизистой оболочке вестибулярной поверхности десен;
- *температурные рецепторы* — обладают высокой чувствительностью на кончике языка и красной кайме губ. Подразделяются на холодовые (больше в передних отделах полости рта) и тепловые (больше в задних отделах). Полностью отсутствует восприятие тепла в области твердого неба, а центральная часть задней поверхности языка лишена температурных рецепторов;

– *ноцицепторы* — максимальное количество данного типа рецепторов находится в тканях зуба. Оральная поверхность слизистой оболочки десен обладает наименьшей чувствительностью [6, 10].

– *периферические рецепторы* — включают вкусовые луковицы или вкусовые почки (хемотрецепторы), расположенные на слизистой оболочке языка.

Рассмотрим каждый отдел вкусовой системы более подробно.

Основой вкусового анализатора являются **вкусовые почки**. Они расположены на всех участках слизистой ротовой полости, преимущественно на кончике языка, краях и в основании. Именно поэтому экспериментальное изучение вкусовой чувствительности проводят на этих зонах языка. Вкусовые почки объединяются в структуры под названием «вкусовые сосочки», которые различаются по своей форме. Таким образом, выделяют вкусовые сосочки нескольких типов: грибовидные, нитевидные, листовидные, желобоватые.

Вкусовые почки состоят из вкусовых клеток, каждая из которых заканчивается микроворсинкой. Именно микроворсинки контактируют с растворенными веществами пищи, то есть являются первым компонентом сенсорной системы.

Изучение вкусовых клеток показало, что они имеют короткий жизненный цикл, но обладают высокой способностью к регенерации. Таким образом, каждый вкусовой сосочек содержит вкусовые клетки разного возраста. Несомненно, чувствительность этих клеток также различается — по мере старения клетки ее чувствительность снижается. Однако было отмечено, что по мере взросления человека скорость регенерации также снижается, что, несомненно, приводит к уменьшению уровня вкусовой чувствительности. Наиболее интенсивно снижается чувствительность к сладкому и соленому, а к горькому раздражителю, наоборот, возрастает.

На языке взрослого человека насчитывается около 9000 вкусовых сосочков, которые сосредоточены на периферии языка, тогда как язык ребенка полностью покрыт сосочками.

На слизистой оболочке корня языка сосочков нет, ее поверхность неровная из-за скопления в ее собственной пластинке лимфоидной ткани, образующей язычную миндалину [4, 8].

Можно выделить следующие чувствительные зоны языка:

- рецепторы передней поверхности языка. Их возбуждают вещества, обладающие сладким вкусом;
- рецепторы задней поверхности языка. Их возбуждают вещества, обладающие горьким вкусом;
- рецепторы боковой и передней поверхности языка. Их возбуждают вещества, обладающие соленым вкусом;
- рецепторы боковой поверхности языка. Их возбуждают вещества, обладающие кислым вкусом.

Помимо вкусовых рецепторов, на слизистой полости рта могут располагаться рецепторы давления и температуры, которые, в свою очередь, вызывают усиление вкусовых ощущений [1].

Начальным этапом вкусового восприятия является адсорбция молекул определенных вкусовых клеток. Верхняя поверхность вкусовой клетки избирательно адсорбирует вещества с различными вкусовыми качествами.

Если говорить о дальнейших преобразованиях вкусового стимула в нервный сигнал, то следует отметить, что не существует абсолютной специфичности как отдельной рецепторной клетки, так и отдельного волокна. Каждое вкусовое волокно делится на несколько веточек, иннервирующих несколько сосочков. Видимо, каждому вкусовому стимулу соответствует свой узор одновременной импульсной активности в совокупности возбуждений вкусовых нейронов, обладающей разной чувствительностью к данному стимулу. Хотя было также обнаружено, что существуют вкусовые сосочки, строго специализированные лишь к одному из вкусовых качеств.

Вкусовые рецепторы являются вторично чувствующими. Для них характерно наличие высокоспециализированной вкусовой рецепторной, не нервной клетки между раздражителем и первым рецепторным нейроном [4].

Таким образом, восприятие вкуса начинается с раздражения вкусовых рецепторов растворенными веществами в полости рта. Возникают импульсы, несущие вкусовую информацию о химическом составе веществ. Эти импульсы следуют по волокнам барабанной струны лицевого нерва, языкоглоточного нерва и блуждающего нерва в продолговатый мозг. Затем они двигаются к зрительному бугру (таламусу). Таламус направляет сигнал к соматосенсорной коре головного мозга, а именно к постцентральной извилине, где формируется вкусовое ощущение.

Разные участки языка по-разному ощущают вкус. Как уже говорилось выше, кончик языка более всего чувствителен к сладкому, края — к кислому, передняя и боковые части языка — к соленому, а задняя часть языка — к горькому.

Биологическое значение вкусовой чувствительности состоит в том, что, во-первых, происходит проверка съедобности пищи; во-вторых, благодаря наличию вегетативных эфферентов вкусовые ощущения рефлекторно связаны с секрецией пищевых желез и действуют не только на интенсивность секреции, но и на состав секрета в зависимости от вкусовых качеств [4, 5].

Порог вкусовой чувствительности является индивидуальным показателем и зависит от состояния организма. Существенное влияние на этот показатель оказывают различные диеты, а также эмоциональное состояние.

Также при изучении вкусовой рецепции необходимо учитывать такой параметр, как завуалирование вкуса. Это происходит при смешении различных вкусовых раздражителей и активно используется в кулинарии и пищевой промышленности.

Отчасти сходное явление, которое заключается в усилении или ослаблении одного вкуса под воздействием другого, называется компенсацией вкуса.

Также большое значение при приготовлении пищи имеет вкусовая гармония, определяющаяся химическим взаимодействием молекул, являющихся вкусовыми раздражителями.

Конечно, при изучении чувствительности вкусового анализатора перечисленные явления обнуляются использованием монораздражителя.

Но следует отметить, что для органа вкуса в целом и для отдельных вкусовых сосочков может быть характерна усталость и адаптация. В основе этих явлений лежит интенсивность взаимодействия микроворсинок вкусовых клеток с химическими раздражителями пищи.

Адаптация вкуса проявляется в ослаблении впечатлительности вкусовых рецепторов. Вкусовую впечатлительность можно восстановить путем прекращения воздействия стимулов. Это объясняет необходимость интервала не менее 1 минуты между опробованием различных образцов.

Однако иногда наблюдается сохранение или повышение впечатлительности вкусовых органов при циклическом воздействии соответствующих импульсов. Такое явление называется *сенсibiliзацией*. Она вызывается многократным воздействием крайне слабыми пороговыми импульсами, выступающими последовательно друг за другом в значительном промежутке времени, и характеризуется долго сохраняющейся впечатлительностью [8].

Полная потеря всех вкусовых ощущений называется *агевзией*, ослабление ощущений — *гипогевзией*. Расстройство вкуса, при котором вкусовое восприятие некоторых вкусовых раздражителей утрачивается или искажается, называется *дисгевзией*. Существует расстройство вкусовой чувствительности в виде появления вкусовых ощущений при отсутствии соответствующих раздражителей. Такое явление называется *парагевзией*. Оно наблюдается при поражении коры большого мозга или проводящих путей вкусовой чувствительности.

Изменение вкусовых ощущений может наступить в результате повреждения слизистой оболочки языка при воспалении или ожогах — термических или химических. Потеря вкусовой чувствительности наблюдается и при поражении проводящих путей вкусового анализатора: выпадение вкуса на передних двух третях одной половины языка связано с поражением язычного или лицевого нерва, в области задней трети языка — при повреждении языкоглоточного нерва. При поражении некоторых структур головного мозга может наблюдаться выпадение вкусовой чувствительности во всей половине языка.

В ряде случаев изменения вкуса вызываются заболеваниями внутренних органов или нарушением обмена веществ: ощущение горечи отмечается при заболеваниях желчного пузыря, ощущение кислоты — при заболеваниях желудка, ощущение сладкого во рту — при выраженных формах сахарного диабета. При некоторых заболеваниях восприятие одних вкусов остается нормальным, а других — утрачивается или извращается. Чаще всего это наблюдается у психических больных, и происхождение этих расстройств связывают

с патологией глубоких отделов височной доли мозга, в частности миндалевидного тела. Такие больные могут употреблять в пищу очевидно неприятные или вредные для здоровья вещества [2].

Следовательно, вкусовая чувствительность имеет большое значение для нормального функционирования организма человека. Вкусовая чувствительность позволяет определить съедобность пищи, а также участвует в регуляции процесса пищеварения. Вкусовые ощущения рефлекторно связаны с секрецией пищевых желез и действуют не только на интенсивность секреции, но и на состав секрета, в зависимости от вкусовых качеств.

Таким образом, изучить особенности функционирования вкусового анализатора можно выполнив следующее:

- 1) экспериментально исследовать быстроту возникновения вкусового ощущения;
- 2) определить чувствительность вкусового рецептора к различным раздражителям;
- 3) выделить возрастные и гендерные различия в восприятии вкуса.

## **Материалы и методы исследования**

Исследования проводились с сентября 2022 года по январь 2023 года включительно. В них принимали участие студенты-биологи Московского городского педагогического университета, учащиеся предуниверсария, а также дети старшего дошкольного возраста, посещающие Дом культуры «Первомайское». Таким образом, возраст испытуемых варьировался от 5 до 22 лет.

В эксперименте участвовали 172 человека, из них 122 испытуемых женского пола (71 %) и 50 — мужского (29 %).

Все участники исследования перед проведением эксперимента прошли анкетирование, которое позволило выявить промежуток времени между приемом пищи и проведением испытаний. Некоторые испытуемые (29 %) принимали пищу за 1 час до начала исследования, 23 % испытуемых (39 человек) — за 3 часа, 16 % — за 15 минут. Наименьший временной интервал (5 минут) от начала эксперимента до приема пищи оказался у 15 % участников исследования. У 10 % этот интервал составил 30 минут, а 7 % участников прошли испытания натощак, они принимали пищу более 5 часов назад.

## **Исследование вкусовой чувствительности капельным методом**

Период времени от момента воздействия вкусового импульса до момента обнаружения ощущения вкуса различается, в зависимости от вида вкуса. Он зависит от концентрации раствора, места на языке, куда попадает раствор,

индивидуальных особенностей дегустатора. Если продукт имеет хорошо выраженные вкусовые свойства, то этот период самый короткий для соленого вкуса, за ним идет сладкий и кислый. Наиболее медленно воспринимается горький вкус [10].

На язык последовательно наносят пипеткой растворы полыни горькой (4 %), поваренной соли (44 %), лимонной кислоты (32 %) и сахара (40 %). Согласно проводимым ранее исследованиям, именно эти концентрации растворов рекомендованы для изучения чувствительности. Участник эксперимента, которому наносилась капля раздражителя на одну из зон языка, держал в руке секундомер и засекал время с момента попадания капли на язык до момента появления вкусового ощущения. Каждый участник заносил в таблицу свой результат времени появления вкуса.

## **Результаты исследования и их обсуждение**

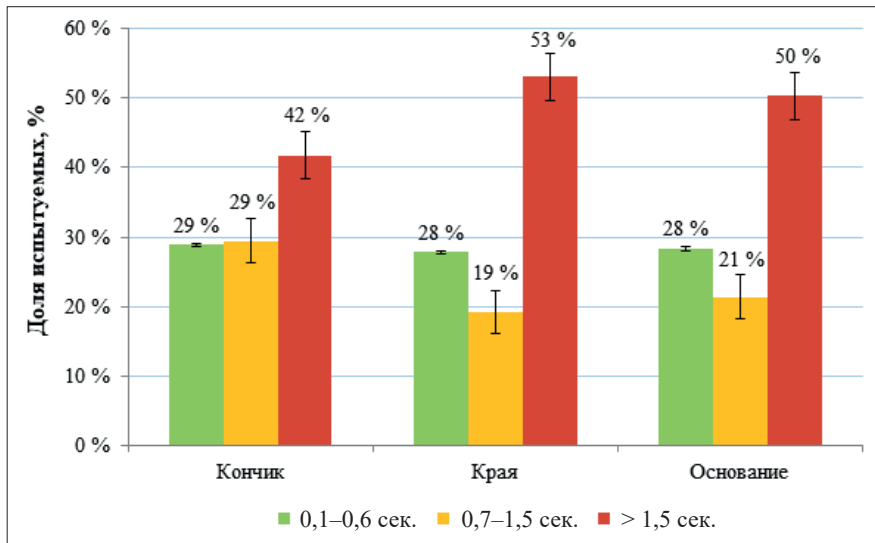
### **Быстрота вкусового ощущения по сладкому раздражителю**

Испытуемым на разные зоны языка пипеткой наносилась капля раздражителя со сладким вкусом (раствором сахарозы).

В норме сладкий вкус должен проявляться во временном интервале от 0,1–0,6 сек. Если проанализировать данные диаграммы, можно отметить, что у большинства испытуемых — у 29 %, вошедших во временную норму, — ощущается сладкий вкус на кончике языка. Действительно, при нормальном функционировании вкусового анализатора наиболее ярко сладкий вкус ощущается на кончике языка. Однако это не исключает ощущение данного вкуса и на других зонах языка. Развитие каждого организма индивидуально, соответственно, расположение грибовидных сосочков на языке у всех людей не может быть одинаковым.

Ощущение сладкого вкуса на интервале 0,7–1,5 сек., вероятно, связано с наличием курящих студентов и участников, принявших пищу незадолго до начала эксперимента. Однако многие участники (29 %), вошедшие в данный временной интервал, ощутили сладкий вкус на кончике языка.

Показатели появления сладкого вкусового ощущения во временном промежутке более 1,5 сек. являются значительным отклонением от нормы появления данного вкуса (0,1–0,6 сек.). Процент участников, вошедших в данный временной отрезок, оказался большим на трех зонах языка. Вероятно, это связано с тем, что большинство испытуемых проходили эксперимент не натощак (см. рис. 1). Результаты участников, прошедших испытания натощак, значительно отличаются от результатов сытых испытуемых и отражают наиболее верные показатели функционирования грибовидных сосочков.



**Рис. 1.** Быстрота возникновения вкусового ощущения для сладкого раздражителя

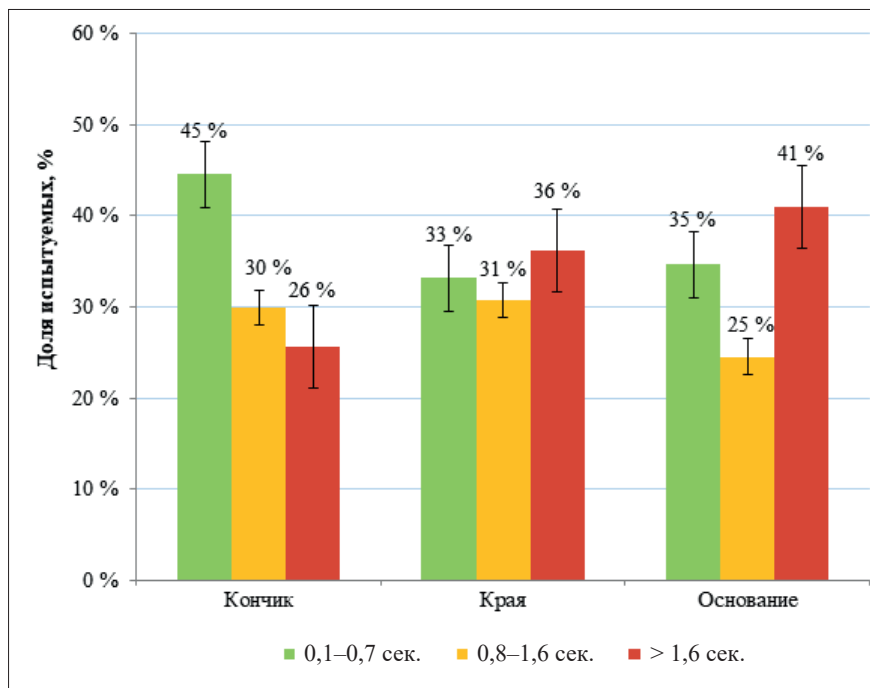
По результатам предварительного анкетирования были определены несколько групп испытуемых, которые отличались по временному интервалу между началом испытания и приемом пищи. Первая группа людей, принимавших пищу непосредственно перед испытанием (за 5 минут), почувствовала сладкий вкус на всех зонах приблизительно за один и тот же временной промежуток — 3,3 сек. Такой интервал является отклонением от нормы восприятия сладкого вкуса и свидетельствует о наступлении гастролингвального рефлекса, который возникает после принятия пищи. Результаты второй группы испытуемых (принимавших пищу за 5 часов до исследования) подтверждают теорию о том, что быстрее всего сладкий вкус ощущается на кончике языка. Вероятно, такой результат связан с тем, что участники второй группы проходили испытания натощак и данные показатели наиболее правильно отражают работу вкусовых рецепторов. Наиболее высокий уровень мобилизации вкусовых рецепторов наблюдается натощак, а после приема пищи вкусовая чувствительность снижается и вкусовые воспринимающие структуры демобилизуются.

### Исследование быстроты вкусового ощущения по кислому раздражителю

В качестве раздражителя использовался раствор лимонной кислоты, капли которого наносились на разные области языка.

На диаграмме (рис. 2) представлена доля испытуемых, почувствовавших кислый вкус на разных зонах языка. Зеленым цветом обозначено количество участников эксперимента, почувствовавших кислый вкус на временном





**Рис. 2.** Быстрота вкусового ощущения для кислого раздражителя

интервале 0,1–0,7 сек. Такой интервал является нормой для появления вкусового ощущения при нанесении кислого раздражителя. Желтый цвет указывает на незначительное отклонение от временной нормы. Столбец красного цвета свидетельствует о значительных временных отклонениях — более 1,6 сек.

Листовидные сосочки, располагающиеся преимущественно по краям языка, обеспечивают восприятие кислого вкуса. На временном интервале от 0,1 до 0,7 сек. большинство испытуемых (45 %) ощутили кислый вкус на кончике языка, а на краях языка почувствовали вкус данного раздражителя 33 % участников. Поскольку кончик и края языка располагаются близко друг от друга, то в эмбриональном развитии листовидные сосочки могли заложиться в области кончика языка. Следовательно, восприятие кислого вкусового ощущения на указанных зонах языка является вполне адекватной реакцией.

Во временном промежутке от 0,8 до 1,6 сек. большинство (31 %) тестируемых ощутили кислый вкус на краях языка, в области, наиболее характерной расположению рецепторов, воспринимающих кислый вкус; 30 % испытуемых почувствовали данный вкус на кончике языка, а наименьшее количество (25 %) — на основании.

Обсуждая результаты участников, почувствовавших кислый вкус во временном промежутке более 1,6 сек., можно заметить, что большинство (41 %) экспериментуемых ощутили кислый вкус на основании языка. Для области

основания языка нехарактерно расположение листовидных сосочков, и результаты такого длительного проявления кислого вкуса в данной конкретной области вполне логичны. Кислый вкус на кончике языка за указанный временной интервал почувствовали 26 % испытуемых, на краях — 36 %.

Сравнивая реакцию испытуемых с разным промежутком времени после последнего приема пищи, было отмечено, что появление кислого вкуса занимает больше времени у тех дегустаторов, которые поели непосредственно перед экспериментом. Снижение восприятия вкусовых рецепторов объясняется гастролингвальным рефлексом, который возникает после употребления пищи или напитков. Однако можно отметить, что у первой группы прослеживается увеличение времени возникновения вкусового ощущения в зависимости от области языка, на которую наносится капля раздражителя. Так, у первой группы быстрее ощущается данный вкус на кончике языка, а наиболее длительный интервал наблюдается на основании языка.

Также на диаграмме (см. рис. 2) хорошо видно, что вторая группа быстрее чувствует кислый вкус на всех зонах языка. Кроме того, быстрее всего данный вкус испытуемые ощутили на краях языка. Эта зона характерна для ощущения кислого вкуса, соответственно, полученные результаты подтверждают теорию о расположении листовидных сосочков на краях языка [2].

### **Исследование быстроты вкусового ощущения по горькому раздражителю**

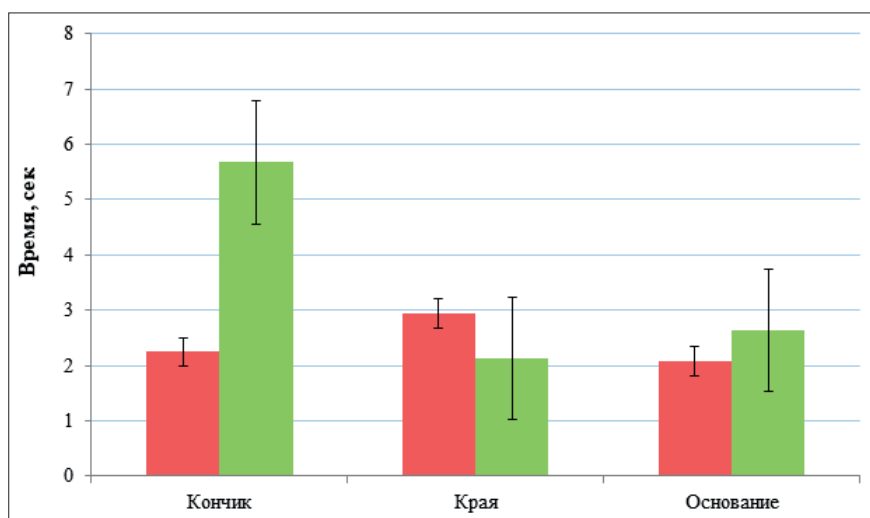
На язык испытуемых последовательно наносят пипеткой горький раздражитель в виде раствора полыни горькой. Затем отмечается время появления соответствующего вкуса на разной части языка.

Временная норма для обнаружения горького вкусового ощущения составляет 0,2–2,2 сек. Большинство испытуемых (58 %) за указанный интервал времени ощутили горький вкус на краях языка; 56 % тестируемых ощутили данный вкус на кончике языка, а в области основания — на 2 % меньше. Небольшой процент испытуемых ощутил горький вкус за период менее 0,2 сек. Отклонения от нормы как в одну, так и в другую сторону могут быть объяснены тем, что абсолютные пороги вкусовой чувствительности у разных людей могут значительно варьироваться [1].

На рисунке 3 представлена диаграмма с показателями быстроты возникновения горького вкусового ощущения у участников двух групп. Первая группа включает людей, которые приняли пищу за 5 минут до начала эксперимента, а вторая — тех, кто проходил испытания натощак. Возьмем показатели второй группы за 100 %. Горький вкус быстрее всего ощущают на основании языка тестируемые из первой группы (за 2 сек.), что соответствует временной норме обнаружения горького вкуса (0,2–2,2 сек.). Вторая группа ощутила горький

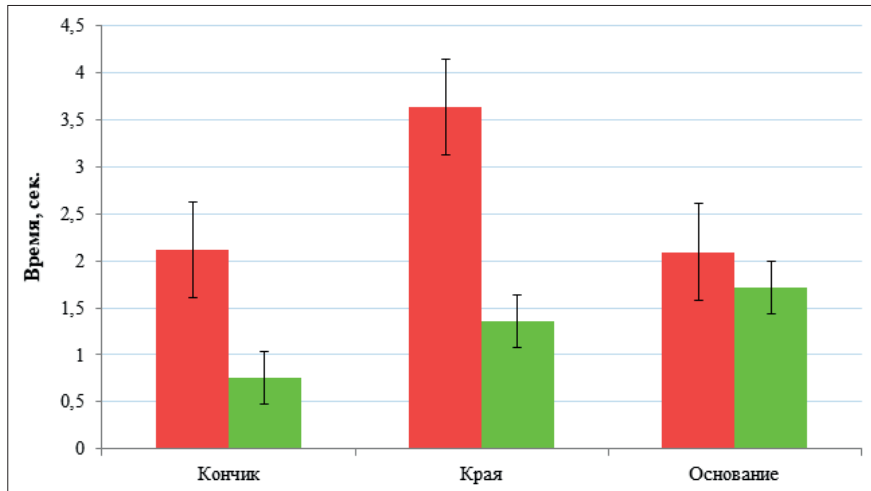
вкус в зоне основания языка на 22 % позже, хотя очевидно, что натошак вкусовое ощущение должно появляться быстрее. Но вместе с тем не стоит упускать факт наличия курящих участников и снижения чувствительности желобоватых сосочков из-за пагубного воздействия никотина [5].

На краях языка участники второй группы ощутили горький вкус на 39 % раньше тестируемых первой группы. На участке кончика языка участники второй группы ощутили горечь позже первой группы. Разница обнаружения данного вкуса составила 61 % и, вероятно, связана с адаптацией к горькому вкусу вкусовых рецепторов, расположенных на кончике языка. Такая адаптация возникает путем длительного воздействия никотина, обладающего горьким вкусовым свойством [2].



**Рис. 3.** Быстрота возникновения вкусового ощущения для горького раздражителя по двум временным интервалам между началом испытания и приемом пищи. Левый столбик — 5 минут, правый — 5 и более часов

Для того чтобы подтвердить нашу теорию влияния курения на искажение результатов испытуемых в области основания языка, представленных на диаграмме выше (рис. 3), мы исключили курящих тестируемых и на диаграмме ниже (см. рис. 4) привели показатели некурящих испытуемых двух групп, о которых говорилось ранее. Возьмем за 100 % результаты второй группы тестируемых, которые принимали пищу за 5 и более часов до начала исследования. Так, на основании языка испытуемые, проходившие испытания натошак, ощутили горький вкус на 22 % быстрее, чем испытуемые, проходившие испытания через 5 минут после принятия пищи. Такие показатели подтверждают общепринятые нормы восприятия горького вкуса, в отличие от результатов диаграммы на рисунке 3. Следует отметить, что на кончике языка из некурящих испытуемых первая группа на 180 % позже ощутила горький вкус, чем вторая. Опираясь



**Рис. 4.** Быстрота возникновения вкусового ощущения для горького раздражителя по двум временным интервалам между началом испытания и приемом пищи у некурящих. Левый столбик — 5 минут, правый — 5 часов и более

на вышесказанное, можно утверждать, что у курящих испытуемых произошла адаптация к горьким вкусам как следствие пагубного действия никотина.

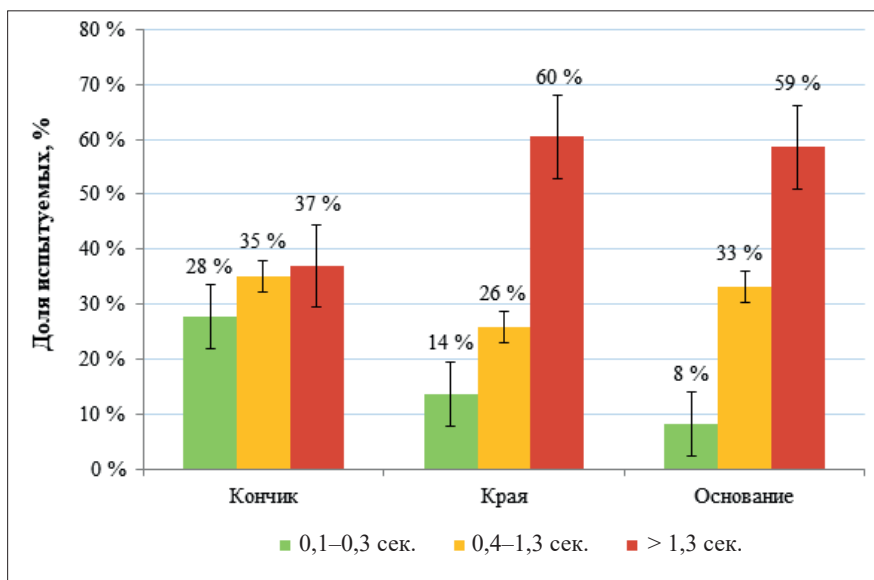
### Исследование быстроты вкусового ощущения по соленому раздражителю

В качестве соленого раздражителя использовался раствор поваренной соли (хлорид натрия, NaCl).

Рассматривая результаты респондентов, вошедших во временную норму для этого раздражителя, видно, что у многих из них (28 %) соленый вкус быстрее всего воспринимался на кончике языка. На краях языка ощутили данный вкус 14 % испытуемых. На основании языка почувствовали соленый вкус всего 8 % участников исследования. Действительно, соленый вкус должен хорошо ощущаться на краях кончика языка.

Анализируя данные участников (рис. 5), ощутивших соленый вкус за временной промежуток от 0,4 до 1,3 сек. следует отметить, что у многих из них (у 35 %) данный вкус определился на кончике, далее у 33 % — на основании, и наименьшее количество участников (26 %) почувствовали соленый вкус на краях языка.

За временной промежуток более 1,3 сек. соленый раздражитель у большинства (60 %) испытуемых проявился на краях языка. На основании языка данный вкус ощутили на 1 % меньше испытуемых. Наименьшее количество человек (37 %) ощутили соленый вкус за указанный временной интервал на кончике языка.



**Рис. 5.** Быстрота вкусового ощущения для соленого раздражителя

Такие результаты являются нормой, поскольку на участке основания языка нехарактерно расположение листовидных сосочков, воспринимающих соленый вкус [6].

Сравнение чувствительности к соленому раздражителю у испытуемых с разным режимом питания также показало, что натошак вкусовые рецепторы мобилизованы и обладают наибольшей чувствительностью. Очевидно, что такой результат вызван наличием курящих участников. У некурящих дегустаторов натошак соленый вкус чувствуется быстрее, чем у некурящих, принявших пищу за 5 минут до начала испытания.

### **Исследование возрастных различий быстроты возникновения вкусового ощущения по всем раздражителям**

В ходе эксперимента участники были разделены на пять групп по возрастам:

1-я группа — 5–6 лет;

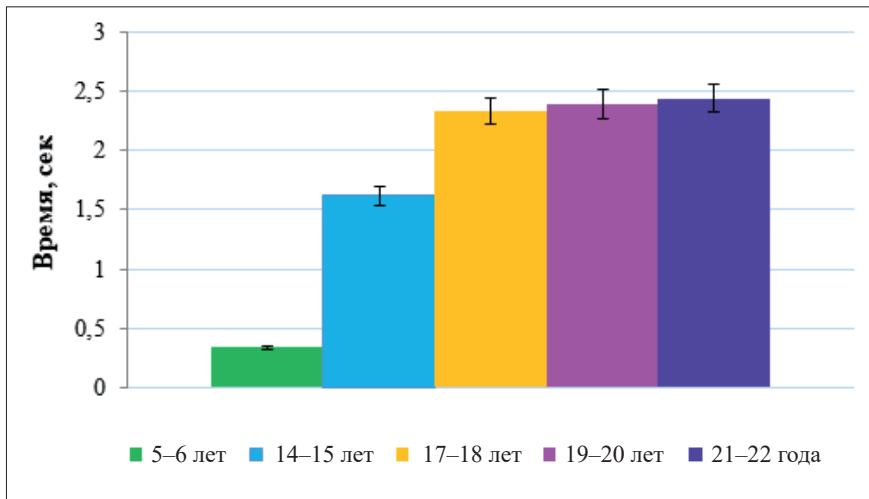
2-я группа — 14–15 лет;

3-я группа — 17–18 лет;

4-я группа — 19–20 лет;

5-я группа — 21–22 года.

Изучая скорость возникновения вкусового ощущения по всем изучаемым раздражителям, выявлена одинаковая закономерность. Рассмотрим на одном примере. На рисунке 6 приведена диаграмма с результатами быстроты возникновения кислого вкуса.



**Рис. 6.** Быстрота возникновения кислого вкусового ощущения (возрастные различия)

Из диаграммы на рисунке 6 видно, что, как и в случае с восприятием сладкого вкуса, участники первой группы на 86 % быстрее почувствовали кислый вкус. Испытуемые второй группы почувствовали кислый вкус на 1 % быстрее пятой группы. Скорее всего, увеличение интервала времени до появления вкуса связано с наличием во второй группе тестируемых в возрасте 14 лет, из которых 4 человека недавно обожгли язык, а 2 человека прикусили его. Кроме того, в данной группе присутствуют участники в возрасте 15 лет, двое из которых недавно обожгли язык, а еще двое имеют пирсинг на языке. Наличие ожогов на языке, а также пирсинга, несомненно, негативно влияют на функционирование вкусовых рецепторов. Скачок результатов в третьей группе по сравнению с результатами в пятой группе, разница между которыми составила 14 %, объясняется наличием в третьей группе 7 человек, которые недавно прикусили или обожгли язык, что и повлияло на увеличение интервала времени до возникновения вкусового ощущения от кислого раздражителя.

Действительно, с возрастом чувствительность вкусовых рецепторов снижается. У ребенка весь язык покрыт вкусовыми сосочками, в то время как у взрослого человека вкусовые рецепторы располагаются только по периферии языка [7].

### **Исследование гендерных особенностей быстроты возникновения вкусового ощущения по всем раздражителям**

Проанализируем гендерные особенности быстроты обнаружения вкусовых ощущений по разным раздражителям. Как известно, женский пол наиболее восприимчив к сладким и кислым вкусам. В свою очередь, мужчины лучше

воспринимают горький и соленый вкусы [10]. Наши исследования показали, что юноши на 13 % раньше ощущают сладкий вкус, но на 15 % позже кислый вкус. Горький вкус юноши воспринимают позже девушек на 10 %, а соленый — быстрее на 13 %.

Сравнивая курящих и некурящих дегустаторов старшего возраста, следует отметить, что разница в восприятии сладкого вкуса у юношей и девушек и снизилась с 0,5 до 0,2 сек., однако у девушек время до появления сладкого вкуса осталось больше, чем у юношей. В восприятии кислого раздражителя также наблюдается сокращение разрыва времени появления данного вкуса у разных полов с 0,5 до 0,2 сек. Кислый вкус девушки почувствовали быстрее, что соответствует общепринятым нормам. Если говорить о времени появления горького вкуса, то можно подчеркнуть очевидное влияние курения на увеличение интервала времени до появления вышеуказанного вкуса. Кроме того, в данном случае юноши на 23 % быстрее почувствовали горький вкус, чем девушки, что является общепринятой нормой. Для быстроты восприятия соленого вкуса, как и в случае с кислым раздражителем, существенных изменений не наблюдалось. Юноши также быстрее обнаружили соленый вкус, чем девушки, что соответствует общепринятым нормам.

### **Исследование влияния курения на быстроту возникновения вкусового ощущения по всем раздражителям**

У некурящих испытуемых самым коротким оказался период появления вкусового ощущения от соленого раздражителя, а следом идет кислый вкус. Разница быстроты восприятия между данными вкусами составляет 0,1 сек. Далее некурящие ощутили сладкий вкус, а затем — горький. Между сладким и горьким вкусом достаточно короткий временной промежуток, но для появления горького вкусового ощущения все-таки требуется несколько больше времени.

Известно, что самым коротким периодом появления вкусового ощущения обладает соленый вкус. Затем воспринимается сладкий вкус, далее следует кислый, а наиболее длительный интервал от воздействия раздражителя до появления вкуса характерен для горького раздражителя [1]. В принципе, результаты некурящих испытуемых соответствуют общепринятым нормам.

Изучая данные курящих дегустаторов, можно заметить, что быстрее всего у них определился кислый вкус, далее — соленый, затем — сладкий, и самый длительный интервал до появления вкусового ощущения имел горький раздражитель. Следует подчеркнуть, что увеличение скорости появления горького вкуса у курящих участников неслучайно и непосредственно связано с токсичным эффектом никотина на слизистые оболочки всей полости рта. Горький вкус никотина стал источником адаптации вкусовых сосочков к горьким

раздражителям. В особенности никотин повлиял на грибовидные сосочки, расположенные на кончике языка, и на желобоватые — на основании языка. Это привело к увеличению интервала до появления соответствующих вкусов.

Разумеется, чувствительность вкусовых рецепторов у курящих респондентов в разы снижена и им нужно больше времени для того, чтобы почувствовать тот или иной вкус.

Если говорить о результатах курящих и некурящих девушек, то быстрее всего некурящие девушки почувствовали кислый вкус, затем соленый, сладкий и только потом — горький. Разница времени восприятия как кислого, так и горького раздражителя составила 22 %. Соленый вкус курящие девушки ощутили на 41 % позже некурящих, а сладкий — на 44 %. Известно, что наименьшим промежутком времени до появления вкуса обладает сладкий вкус, однако на диаграмме показано, что девушки двух групп быстрее всех вкусов ощутили кислый. Это является нормой, поскольку девушки действительно лучше воспринимают кислый вкус, а юноши — соленый.

## Выводы

Из вышесказанного можно сделать вывод, что показатели некурящих наиболее близки к общепринятым временным нормам появления вкусов, чем показатели курящих дегустаторов.

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Исследование быстроты возникновения вкусового ощущения подтвердило тот факт, что самым коротким промежутком времени до появления вкуса обладает соленый раздражитель (0,1–0,3 сек.), за ним идут сладкий (0,1–0,6 сек.) и кислый (0,1–0,7 сек.), а самым длительным интервалом времени до появления вкусового ощущения обладает горький раздражитель (0,2–2,2 сек.). Это время зависит от концентрации раствора и места на языке, куда попадает раствор.

2. Экспериментально определяя чувствительность вкусового рецептора к различным раздражителям, было отмечено, что сладкий раздражитель наиболее ярко ощущается на кончике языка, а кислый — на краях языка. Для горького раздражителя характерен сильно выраженный вкус в области основания языка, а для соленого — на краях кончика языка. Однако это не исключает появления вкуса от данных раздражителей в других областях языка.

3. В ходе эксперимента прослеживалось ослабление чувствительности вкусовых рецепторов в соответствии с увеличением возраста испытуемых. При анализе гендерных различий в восприятии вкуса было выявлено, что юноши наиболее восприимчивы к соленому и горькому вкусу, а девушки — к сладкому и кислому.



4. Сравнивая результаты курящих и некурящих испытуемых, было наглядно показано увеличение времени появления того или иного вкуса, а также уменьшение силы вкусового ощущения у курящих участников исследований. Дополнительные исследования курящих людей сразу после процесса курения позволили увидеть, что после воздействия никотина вызывает утомление вкусовых рецепторов к горькому вкусу и повышение чувствительности к остальным трем вкусам. Однако это явление носит временный характер и спустя некоторое время после курения чувствительность вкусовых сосочков вновь снижается. Кроме того, наблюдается адаптация к горькому вкусу из-за частого раздражения вкусовых рецепторов никотином. Адаптация к горькому вкусу спровоцировала развитие перекрестной адаптации к кислым и соленым веществам.

### Список источников

1. Анатомия центральной нервной системы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. П. Попова, О. О. Якименко. 2-е изд. М.: Академический Проект: Фонд «Мир», 2004. 112 с.
2. Анатомия центральной нервной системы: учебное пособие / А. Е. Хомутов, С. Н. Кульба. 4-е изд. Ростов н/Д.: Феникс, 2008. 315 с.
3. Биология полости рта / Е. В. Боровский, В. К. Лентьев. М.: Медицина, 1991. 304 с.
4. Конспект лекций по дисциплине «Сенсорный анализ» / Л. Д. Титаренко. Днепропетровск: ДУЭП, 2006. С. 33. 119 с.
5. Курс лекций по основам нейрофизиологии: учебное пособие. Ч. 2: «Сенсорные системы» / Т. А. Высоцкая, О. Н. Крысюк. Чита: ЗабГПУ, 2004. 75 с.
6. Механизмы формирования вкусовых ощущений и характеристика вкусовых порогов: метод. указ. к самост. работе студентов II курса лечеб., педиатр., мед.-проф. и стомат. фак-в / В. Г. Самохвалов, Л. А. Жубрикова. Харьков: ХГМУ, 2004. 45 с.
7. Практикум по возрастной анатомии и физиологии: учебное методическое пособие для проведения лабораторных занятий в педагогических вузах / под ред. Б. Н. Чумакова. М.: МГПУ, 2008. 131 с.
8. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: модульный курс: теоретическая часть / Л. К. Антропова. Новосибирск: НОУ ВПО НГИ, 2010. С. 23. 70 с.
9. Mennella J. A., Bobowski N. K. The sweetness and bitterness of childhood: Insights from basic research on taste preferences // *Physiol Behav.* 2015. № 1. P. 502–507.
10. Mennella J. A. Variety is the spice of life: Strategies for promoting fruit and vegetable acceptance during infancy / J. A. Mennella, S. Nicklaus, A. L. Jagolino et al. // *Physiol Behav.* 2008. № 94. P. 29–38.

### References

1. Anatomy of the central nervous system: A textbook for students of higher educational institutions / N. P. Popova, O. O. Yakimenko. 2nd ed. M.: Academic Project: Mir Foundation, 2004. 112 s.

2. Anatomy of the central nervous system: textbook / A. E. Khomutov, S. N. Kulba. 4th ed. Rostov n/D: Phoenix, 2008. 315 с.
3. Oral Biology / E. V. Borovsky, V. K. Lentiev. M.: Medicine, 1991. 304 s.
4. Summary of lectures on the discipline “Sensory analysis” / L. D. Titarenko. Dnepropetrovsk: DUEP, 2006. S. 33. 119 s.
5. Course of lectures on the basics of neurophysiology. Tutorial. Ch. 2: “Sensory Systems” / T. A. Vysotskaya, O. N. Krysyuk. Chita: ZabGPU, 2004. 75 s.
6. Mechanisms for the formation of taste sensations and characteristics of taste thresholds: Method. Decree. To the self. the work of students of the II year of medicine, pediatrician, medical professor. and stomate. fak-v / V. G. Samokhvalov, L. A. Zhubrikova. Kharkov: KHMU, 2004. 45 s.
7. Workshop on age anatomy and physiology: A textbook for conducting laboratory studies at pedagogical universities / ed. B. N. Chumakova. M.: MCU, 2008. 131 s.
8. Physiology of higher nervous activity and sensory systems: modular course: theoretical part / L. K. Antropova. Novosibirsk: NEU HPE NGI, 2010. S. 23. 70 s.
9. Mennella J. A., Bobowski N. K. The sweetness and bitterness of childhood: Insights from basic research on taste preferences // *Physiol Behav.* 2015. № 1. P. 502–507.
10. Mennella J. A. Variety is the spice of life: Strategies for promoting fruit and vegetable acceptance during infancy / J. A. Mennella, S. Nicklaus, A. L. Jagolino et al. // *Physiol Behav.* 2008. № 94. P. 29–38.

УДК 57.04

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.2

Мария Валерьевна Аниськина<sup>1</sup>,  
Иван Владимирович Выродов<sup>2</sup>,  
Аркадий Николаевич Ховрин<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Московский городской педагогический университет, Россия, Москва

## Реакция *Malus sylvestris* на воздействие антропогенных загрязнителей

**Аннотация.** В исследовании представлена информация о воздействии антропогенных факторов, в частности отходов промышленных предприятий, придорожной пыли, автодорожных шин, на показатели роста и питания побегов растения *Malus sylvestris*. Выявлено, что отходы резиновых покрышек, древесная зола и придорожная пыль относятся к числу приоритетных загрязнителей. Показано, что при совместном влиянии факторов отмечается эффект синергизма. Дальнейший рост побегов замедляется, фотосинтезирующие органы опадают или наблюдается пятнистость, в отдельных случаях — скручивание. Выявлена аккумуляция побегами растения тяжелого металла — кадмия. Отмечено снижение доли кадмия в зависимости от удаленности от автодороги.

**Ключевые слова:** антропогенные загрязнители, *Malus sylvestris*, побеги растений, тяжелые металлы, яблоня, Московский регион

UDC 57.04

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.2

Maria Valerievna Aniskina<sup>1</sup>,  
Ivan Vladimirovich Vyrodov<sup>2</sup>,  
Arkady Nikolaevich Khovrin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Moscow City University, Russia, Moscow

## *Malus sylvestris* response to exposure to anthropogenic pollutants

**Abstract.** *Malus sylvestris* plant. It was revealed that rubber tire waste, wood ash and roadside dust are among the priority pollutants. It is shown that with the combined influence of factors, there is a synergistic effect. Further growth of shoots slows down, photosynthetic organs fall off or spotting is observed, in some cases — twisting. Accumulation of heavy metal — cadmium by plant shoots was revealed. A decrease in the proportion of cadmium was noted depending on the distance from the highway.

**Keywords:** anthropogenic pollutants, *Malus sylvestris*, plant shoots, heavy metals, apple trees, Moscow region

## Введение

**В** современном быстроразвивающемся мире растения и животные испытывают постоянное антропогенное давление. Оно проявляется в загрязнении атмосферы, кислотных осадках, истощении почвенных ресурсов, а также в непосредственном влиянии частиц загрязнителей на ткани растений. Сегодня актуальной проблемой является получение экологически безопасной продовольственной продукции. В связи с этим все чаще в городских агломерациях практикуется ведение городского сельского хозяйства — *Urban Farming*.

Очень важно было бы в городских экосистемах отводить часть территорий для высаживания сельскохозяйственных растений и проводить исследование стресс-реакции на рост и развитие их вегетативных и генеративных органов.

В данной работе отмечено влияние антропогенных факторов на плодородное растение *Malus sylvestris* L. (яблоня лесная), которое повсеместно встречается в дикой природе и является хорошим медоносом. Часто она произрастает вдоль железных и автомобильных дорог, где подвергается воздействию мелкодисперсных частиц различных загрязнителей, что сказывается на ее развитии и продуктивности. Поэтому целью данного исследования является изучение реакции побегов яблони лесной на воздействие загрязнителями.

## Объект исследования

Яблоня лесная (*Malus sylvestris* L.) — широко распространенное растение из семейства розоцветных, подсемейства яблоневых. Жизненная форма — высокие кустарники и деревья высотой 1,5–5 м. Яблоня лесная имеет плотную крону с бурой корой. Листья имеют яйцевидную форму, могут быть гладкими либо покрытыми волосками. Листорасположение очередное. Цветение происходит в апреле и мае. Розовато-белые душистые цветки собираются в соцветие щиток на укороченных побегах. Чашелистики треугольные, заостренные, снаружи голые, внутри войлочные. Завязь нижняя. Плод — яблоко. Плоды округлые, в диаметре от 1 до 3 см, желтовато-зеленые, иногда розоватые, с пятном красного цвета, горько-кислого и деревянистого вкуса. Семена продолговатые, в свежем виде бурые, так же как и у всех яблонь, содержат слабо ядовитый амигдалин. Плоды созревают в июле – сентябре. *Malus sylvestris* L. — ценное плодородное растение, опыляется насекомыми, естественно размножается семенами, порослью от пня, реже — отводками. [3, с. 223].

Яблоня лесная растет в смешанных и лиственных лесах, по их опушкам, любит заливные луга и пограничные с лесом сырые места. Рассеянно растет в пойменных лесах, в живых изгородях и в кустарнике, на свежей богатой питательными веществами глинистой и каменистой почве. В лесостепной зоне

растет по склонам оврагов и балок, среди кустарниковых зарослей, по берегам рек.

Выбор растения обусловлен широким ареалом распространения, высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, скороплодностью, урожайностью. Эти особенности оптимальны для умеренной полосы. В условиях Московского региона *Malus sylvestris* L. весьма обыкновенно произрастает по паркам, лесам и вдоль автомагистралей. Яблоню лесную чаще всего можно встретить в северной и западной части средней полосы России.

## Материал и методы исследований

Исследование проводилось на яблоне лесной (*Malus sylvestris* L.), которая произрастает в национальном парке «Лосиный Остров», а также вдоль Щелковского шоссе на 8-м км от МКАД, вблизи расположения школы № 30 (г. Балашиха, Московская область).

Рассмотрим более подробно экологическую обстановку каждого из районов нашего исследования.

Национальный парк «Лосиный Остров» расположен в подзоне широколиственно-еловых лесов Валдайско-Онежской подпровинции Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной области. Там произрастает около 500 видов сосудистых растений, в том числе 32 вида древесных, 37 видов кустарниковых. Лесообразующие породы деревьев — береза, сосна, ель, липа, дуб. Доля остальных пород незначительна. Широко представлены виды травянистых растений, отнесенные к категории редких и подлежащих охране на территории Москвы и Московской области. Это волчегодник обыкновенный, ландыш, купальница европейская, колокольчик персиколистный, колокольчик крапиволистный (*Campanula trachelium*), любка зеленоцветковая (*Platanthera chloranta*), любка двулистная (*Platanthera bifolia*), гнездовка настоящая (*Neottia nidus-avis*) и другие. Здесь находится единственное место в ближнем Подмосковье, где естественно произрастает печеночница благородная.

Так, на пришкольном участке школы № 30 в 2013 году были высажены *Malus sylvestris* L. и *Pyrus communis* Subsp. Школа расположена вблизи Щелковского шоссе, поэтому приоритетные загрязнители, поступающие в район исследования, были выбраны в качестве основных.

Обучающиеся школы охотно включаются в проектные исследовательские работы. Они выполняют разнообразные виды работ на пришкольном участке: уход за деревьями, полив, внесение удобрений, удаление усыхающих побегов, борьба с лишайником.

Балашихинский район относится к лесопарковому защитному поясу Москвы, он расположен к востоку от города в 5 км от МКАД и 25 км от ЦАО Москвы. В районе исследования находятся многочисленные промышленные предприятия,

хотя в последние годы их количество сократилось. Назовем основные: Балашихинский автокрановый завод, Балашихинский опытный химический завод, Балашихинский деревообрабатывающий завод, Балашихинский ЛМЗ, корпорация «Рубин», «Криогенмаш», песчаные карьеры в поселках Восточный, Янтарный. Пересекает район через Щелковское шоссе Мосводоканал (Восточная станция водоподготовки). Отмечается низкая пропускная способность Щелковского шоссе. Щелковское шоссе имеет 4 полосы дороги: 2 — в сторону области, 2 — в Москву. Проводился подсчет количества автомобильного транспорта по Щелковскому шоссе. Пропускная способность в утренние часы с 07:00–08:00 составляет 3000 машин в час, днем эти показатели в среднем составляли 2600, а вечером, в 19:00–20:00 часов — 4000.

По данным энциклопедического пособия «Экология Подмосковья», экологическая обстановка Балашихинского района напряженная. Растительный и животный мир беден. Леса находятся в угнетенном состоянии. При этом численность населения района составляет 1 млн человек. В 2020 году был введен второй путь железнодорожной ветки Балашиха – Москва, участок подвергался частичной вырубке древостоя, в том числе и яблонь. Особую опасность для мигрирующих животных *Sus scrofa*, *Alces alces* представляет забор, расположенный вдоль железнодорожных путей.

В лаборатории кабинета биологии для достоверности результатов проводили эксперимент в четырехкратной повторности. Срезали побеги растения, растущего на территории национального парка «Лосиный Остров» (северная сторона от Щелковского шоссе) и придорожные экземпляры, вблизи расположения школы. Побеги помещались в бутилированную воду марки «Сенежская» и находились при температуре помещения 23 °С и постоянной влажности 46 %, которые поддерживались с помощью термогигрометра фирмы Lovely. Далее полученные побеги яблони стандартизировали по массе взвешиванием на лабораторных весах. Укороченные побеги помещали в стеклянные стаканы объемом 300 мл с дистиллированной водой и изолировали для предотвращения испарения.

Затем проводилось опудривание яблони лесной мелкодисперсными частицами: придорожной пылью, солью, мукой, мелом, древесной золой, металлической стружкой (серый чугун) и крошкой из автомобильных шин. Данные тонкодисперсные агенты широко распространены в крупных городах и загрязняют атмосферный воздух, почву и растения.

Наблюдение за жизненным состоянием побегов велось в течение 10 дней. Ежедневно фиксировались внешние изменения изучаемых образцов в сравнении с контролем. Контрольный образец не подвергался загрязнению [2, с. 55].

## Результаты исследования

По наблюдениям, побеги растения, подвергшиеся действию загрязнителей, существенно отличались от контрольных. Установлены внешние изменения побегов, которые характеризуются реакциями растения на опудривание (табл. 1).

Таблица 1

Внешние изменения побегов яблони лесной (*Malus sylvestris* L.)

Вещество	День наблюдения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Придорожная пыль	–	1	1	1, 2	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3, 7
Древесная зола	–	4	4	4	4	4	4	4, 5	4, 5	4, 5, 6
Мука	–	–	1	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4, 5	1, 2	1, 2, 4	1, 2, 3, 4,
Соль	4	4	4, 5	4, 5, 2	2, 4, 5	2, 4, 5, 6	2, 4, 5, 7	2, 4, 5, 7	2, 4, 5, 7	2, 4, 5, 7
Мел	–	–	–	–	–	1, 5	1, 5, 6	1, 5, 6	1, 5, 6	1, 5, 6
Металлическая стружка	4	2, 5	2, 5	2, 5	1, 2, 5	1, 2, 4, 5, 7	1, 2, 4, 5, 7	1, 2, 4, 5, 7	1, 2, 4, 5, 7	1, 2, 4, 5, 7
Крошка от покрышек	–	–	–	3	3, 7	7	7	7	7	7
Контроль	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1

Примечание: 1 — потеря тургора, 2 — изменение окраски листьев, 3 — потеря цвета листа, 4 — появление некрозов, 5 — засыхание листовой пластинки, 6 — скручивание листовой пластинки, 7 — опадение листьев.

При нанесении на исследуемые растения придорожной пыли уже на 3-й день на листьях обнаружены пятна, впоследствии наблюдалось усыхание и каждый последующий день приводил к некрозу и увеличению некротической поверхности листа. С 4-го дня после опудривания у побегов отмечена потеря тургора. В последующие дни отмечалось изменение окраски листьев.

Опудривание древесной золой на 1-й день наблюдения вызвало появление светлых некротических пятен диаметром 2 мм. На 3-й день опыта наблюдалось побурение отдельных листовых пластин, потеря тургора и частичное засыхание [1, с. 43].

При опудривании солью единичные экземпляры листьев покрылись темными пятнами, произошло засыхание нижнего края листовой пластинки.

При нанесении мела признаков внешнего изменения листовой пластинки не было и только на 8-е сутки фиксировалась потеря тургора, скручивание листа.

Рассеивание металлической стружки вызвало побурение листа, на 7-й день — скручивание листа, на 10-й день — опадение листьев.

Внешние изменения побегов *Malus sylvestris* L. Представлены на диаграмме на рисунке 1.

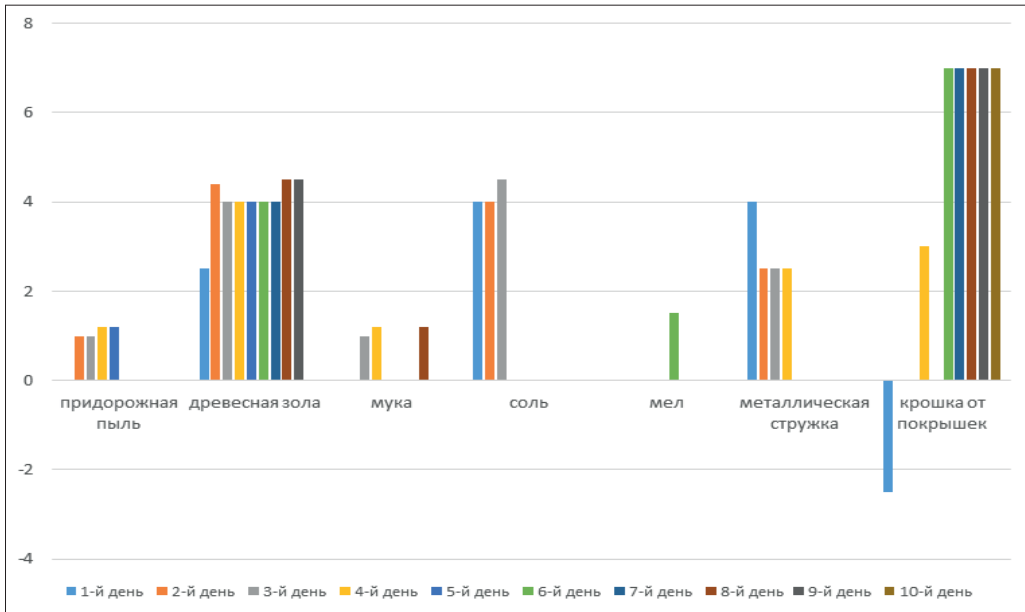


Рис. 1. Внешние изменения побегов *Malus sylvestris* L.

Влияние крошки от автомобильных шин сказалось на морфологии яблони заметнее всего. При этом в первые 3 дня выраженных изменений выявлено не было, на 4-й день наблюдалось обесцвечивание листа, а с 7-го дня — их опадение. Данный фактор весьма опасен, так как при трении автомобильных шин об асфальт выделяется кадмий — тяжелый металл, относящийся к 1-му классу опасности. Для обнаружения присутствия в растении кадмия контрольные и подвергающиеся загрязнению побеги тестировали в лаборатории «МГУЛАБ» методом мокрой минерализации, используя для этого предварительно подготовленные образцы, высушенные 25 часов в сушильном шкафу при 105 °С, а затем в микроволновой печи при заданном давлении и температуре минерализовали побеги смесью азотной кислоты и пероксида водорода, согласно МУК 1992. В таблице 2 приведены средние показатели содержания кадмия в побегах яблони на обоих исследуемых участках.

Таблица 2

**Аккумуляция кадмия вегетативными побегами  
яблони лесной (*Malus sylvestris* L.)**

	Кадмий, мг/кг	ПДК
Побеги <i>Malus sylvestris</i> L. вблизи дороги	0,17 ± 0,4	~2
Контрольные побеги	0,03 ± 0,1	
Средние значения	0,185	



Из таблицы 2 видно, что контрольные побеги незначительно аккумулялировали кадмий, что соответствует фоновому их содержанию, и что существенно различаются показатели побегов, подвергавшихся загрязнению. При этом значения показателей не выходят за рамки ПДК, поэтому предварительно можно утверждать, что загрязнение кадмием района исследования незначительное, но оно имеет накопительный эффект. Кадмий накапливается в живых организмах, их цветочных органах, красном костном мозге, печени.

Контрольный опытный образец сохранил природный цвет листьев, на 9-й день отмечалось частичное увядание листьев.

## Выводы

1. При опыливание растения различными веществами отмечались значительные визуальные изменения листовой поверхности, которые проявляются в обесцвечивании листьев, завядании, усыхании, побурении и скручивании.

2. Максимальный эффект наблюдался от воздействия металлической стружки, придорожной пыли и пыли автомобильных шин, минимальный эффект — от опудривания мелом.

3. Нашими исследованиями подтверждается, что яблоня лесная сложно адаптирована к пылевому загрязнению, растение может быть выбрано в качестве фиторемедианта.

4. Из воздействующих факторов наибольшим токсическим эффектом отмечается крошка от резиновых покрышек автомобилей, содержащих кадмий.

## Список источников

1. Атлас растений-фиторемедиантов / Л. В. Панченко, А. Ю. Муратова, Е. В. Дубровская [и др.]. Саратов: Научная книга, 2015. 559 с., цв. ил.
2. Кислотная минерализация проб сырья и продуктов, кроме растительного масла, маргарина, пищевых жиров. 1992. 12. ВФС 68-86-93.
3. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях / Г. И. Квеситадзе [и др.]. Рос. акад. наук, Ин-т биохимии им. А. Н. Баха. М.: Наука, 2005. 198 с.
4. Муравьев А. Г. Экологический практикум: учебное пособие с комплектом карт-инструкций / А. Г. Муравьев, Н. А. Пугал, В. Н. Лаврова; под ред. А. Г. Муравьева. СПб.: Крисмас+, 2003. 176 с.: ил.
5. Экология Подмосковья: Энциклопедическое пособие / Е. В. Брызгалина [и др.]. М.: Современные тетради, 2001. 606 с.

## References

1. Atlas of phytoremediant plants / L. V. Panchenko, A. Y. Muratova, E. V. Dubrovskaya [et al.]. Saratov: Scientific Book, 2015. 559 p., color. il.
2. Acid mineralization of samples of raw materials and products, except vegetable oil, margarine, edible fats. 1992. 12. VFS 68-86-93.

3. Metabolism of anthropogenic toxicants in higher plants / G. I. Kvesitadze [et al.]. Russian Academy of Sciences, Institute of Biochemistry named after A. N. Bach: M.: Nauka, 2005. 198 p.
4. Muravyev A. G. Ecological practicum: A textbook with a set of instruction cards / A. G. Muravyev, N. A. Pugal, V. N. Lavrova; Edited by A. G. Muravyev. SPb.: Krismas+, 2003. 176 p.: il.
5. Ecology of the Moscow region: An Encyclopedia manual / E. V. Bryzgalina [et al.]. M.: Sovremennie tetradi, 2001. 606 p.

УДК 577.169

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.3

**Наталья Вячеславовна Жукова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

## **Значение и способы синтеза пирролохинолинхинона (PQQ)**

**Аннотация.** В статье представлены результаты теоретического анализа научной литературы, посвященной пирролохинолинхинону (PQQ). В статье описано химическое строение пирролохинолинхинона (PQQ), перечислены и охарактеризованы функции, которые выполняет пирролохинолинхинон в живых системах, описано его значение в биохимических реакциях. Представлены доказательства окислительно-восстановительных свойств и антиоксидантной активности пирролохинолинхинона (PQQ). Отдельное внимание отведено описанию биологических способов синтеза пирролохинолинхинона (PQQ).

**Ключевые слова:** Пирролохинолинхинон (PQQ), свойства витамина PQQ, функции пирролохинолинхинона (PQQ), синтез пирролохинолинхинона (PQQ)

УДК 577.169

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.3

**Natalia Vyacheslavovna Zhukova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Moscow City University, Russia, Moscow

## **The value and methods of synthesis Pyrroloquinolinquinone (PQQ)**

**Abstract.** The article presents the results of a theoretical analysis of the scientific literature on pyrroloquinoline quinone (PQQ). The article reveals the chemical structure of pyrroloquinoline quinone (PQQ), manifests and characterizes the functions that pyrroloquinoline quinone performs in natural conditions, due to its significance in biochemical phenomena. The manifestation of the potential redox properties and antioxidant activity of pyrroloquinoline quinone PQQ. Particular attention is paid to the description of biological methods for the synthesis of pyrroloquinoline quinone (PQQ).

**Keywords:** Pyrroloquinoline quinone (PQQ), properties of the PQQ organism, functions of PQQ, synthesis pyrroloquinoline quinone (PQQ)

## **История открытия пирролохинолинхинона PQQ**

**О**коло 30 лет назад было показано, что бактериальные метанол и глюкозодегидрогеназы содержат совершенно новый тип протезной группы, которая впоследствии была идентифицирована как пирролохинолинхинон (PQQ). Изначально хинопротеины были белками,

содержащими PQQ, но с тех пор это определение было расширено и включает те белки, которые содержат другие типы хинонсодержащих протеиновых групп, опубликованы рентгеновские структуры представителей каждого типа хинопротеинов.

Двадцать лет назад был обнаружен кофактор пирролохинолинхинон (PQQ), также известный как метоксатин. Это соединение было обнаружено Дж. Г. Хауге в качестве третьего окислительно-восстановительного кофактора в хинопротеин глюкозодегидрогеназе после никотинамидных и флавиновых кофакторов в бактериях [18].

Независимо друг от друга ученые Солсбери и Дюин, проводя со своими коллективами исследования окислительно-восстановительных биохимических процессов, извлекли экстрагированием эту группу протеаз из хинопротеин-метанолдегидрогеназы метилотрофов и идентифицировали ее молекулярную структуру с помощью рентгеноструктурного анализа, назвав ее метоксатином и PQQ, соответственно. Группой исследователей под руководством японского ученого Ч. Адачи было доказано, что бактерии *Acetobacter* содержат ферменты, небелковым компонентом которых является пирролохинолинхинон (PQQ). Данные ферменты называются квинопротеинами. Одним из представителей квинтопротеинов является дегидрогеназа глюкозы. Данный фермент выполняет функцию датчика глюкозы.

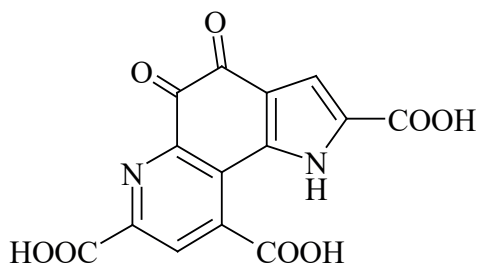
PQQ представляет собой водорастворимый редоксциклический ортохинон, который первоначально был выделен из культур метилотропных бактерий. Было обнаружено, что он является кофактором некоторых бактериальных алкогольдегидрогеназ и присутствует во многих тканях животных. Было сделано предположение, что это вещество может являться новым витамином, поскольку было показано, что он необходим для нормального роста и развития [3].

Таким образом, пирролохинолинхинон представляет собой небольшую молекулу гетероциклического строения, которую ранее считали витамином. При этом не было доказано, что действие данного соединения на организм человека подобно механизму действия витаминов. На сегодняшний день уже доказан тот факт, что метаксатин является окислительно-восстановительным агентом и способен изменять передачу сигнала и поддерживать митохондриальную функцию.

### **Свойства пирролохинолинхинона (PQQ)**

Пирролохинолинхинон (PQQ) — 4,5-дигидро-4,5-диоксо-1H-пирроло [2,3-f] хинолин-2,7,9-трикарбоновая кислота (I) представляет собой группу протеаз некоторых дегидрогеназ, окислительно-восстановительных активных веществ, которые могут принять один или два электрона(ов) в окислительно-

восстановительном цикле. Он показывает несколько различных видов биологической активности на бактериях, растениях и млекопитающих.



I

Пирролохинолинхинон (PQQ, витамин В<sub>14</sub>, метоксантин) является водорастворимым соединением, достаточно стабильным к воздействию высоких температур, способным оказывать благоприятное действие на живые системы, в том числе и на организм человека. Авторами работы [14] приводятся примеры благоприятного влияния PQQ на работу репродуктивной системы человека. Также отмечено, что метаксатин способствует активации выработки лизина и приводит к снижению ЛПНП-холестерина [14].

Положительное воздействие PQQ связывают в большей степени с тем, что он выступает в роли кофермента для ряда ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные процессы. Так, выступая кофактором флавинредуктазы, являющегося важным ферментом эритроцитов, PQQ позволяет кровяным тельцам дольше исполнять свою функцию по переносу кислорода.

Уникальность пирролохинолинхинона (PQQ) заключается в его разнообразном действии. Он может проявлять как восстановительные свойства, подобно действию аскорбиновой кислоты, так и окислительные, подобно рибофлаvinу, а также способен к карбонильной активности, проявляя свойства, подобные действию пиридоксальфосфата. В ранее упомянутой работе авторами приводятся экспериментальные доказательства высокой каталитической активности пирролохинолинхинона в окислительно-восстановительных реакциях, которая выше более чем в 100 раз активности ряда витаминов с аналогичным действием (витамина С (аскорбиновой кислоты), витамина К<sub>3</sub> (менадиона), изофлавоноидов и полифенольных соединений) [14].

Большое число научных изысканий посвящены изучению антиоксидантного действия PQQ, результаты которых доказывают то, что метаксатин, катализируя реакции свободнорадикального окисления, является сильным антиоксидантом. Сегодня известно, что пирролохинолинхинон, связываясь с некоторыми белками клетки, изменяет процесс окисления, при этом меняются процессы передачи сигнала, которые происходят в клетках. Так как пирролохинолинхинон — это окислительно-восстановительный агент, способный проявлять

как окислительные, так и восстановительные свойства, он не является чистым антиоксидантом, но при этом вместе с глутатионом (антиокислительным ферментом) участвует в антиокислительном цикле [7].

### **Функции пирролохинолинхинона (PQQ)**

Как ранее уже говорилось, до сих пор не принято однозначного мнения по вопросу признания PQQ витамином. При этом авторами многих работ отмечается множество разносторонних функций, которые присущи пирролохинолинхинону. К наиболее важным и изученным из них относятся следующие: обеспечение транспорта кислорода в качестве кофактора фермента флавинредуктазы; увеличение работоспособности эритроцитов и улучшение кровообращения; повышение скорости выработки аминокислот; повышение иммунитета; стабилизация психоэмоционального состояния; уменьшение скорости патологических процессов и процессов старения.

Антиоксидантное действие пирролохинолинхинона обеспечивает защиту клеток печени от свободнорадикального окисления (поскольку они очень чувствительны к нему) и от гепатотоксичных медикаментов.

Имеются сведения, доказывающие факт участия пирролохинолинхинона в защите кардиомицитов и нервных клеток в условиях недостаточного (ограниченного) притока крови и обеспечения кислородом органов, гипоксии и ишемии, что доказывает его кардиопротекторное и нейропротекторное действие.

В некоторых источниках представлена информация о способности PQQ участвовать в восстановлении нервной ткани и волокон, проявлять противовоспалительное действие, замедлять процессы помутнения хрусталика и развития катаракты.

Тот факт, что пирролохинолинхинон относится к категории окислительно-восстановительных активных веществ и обладает антиоксидантным действием, позволяет говорить о том, что он участвует в обеспечении механизма защиты молекул ДНК, РНК, стенок клеток и митохондрий от деструкции и гибели. Участие в свободнорадикальных реакциях обеспечивает наличие у данного соединения способности замедлять старение, защищать нервные, сердечные и печеночные клетки, стимулировать рост и развитие организма. Способность пирролохинолинахинона положительно влиять на рост и развитие клеток и внутриклеточных структур (прежде всего митохондрий) отражается на его положительном влиянии на репродуктивную функцию организма, рост и развитие плода и новорожденного ребенка [13]. Участие пирролохинолинхинона PQQ в повышении иммунитета происходит за счет того, что увеличивается активность В-лимфоцитов и Т-лимфоцитов при содержании пирролохинолинхинона уже в наномолярных количествах [5].

В литературе приводится много исследований по воздействию PQQ на живые организмы. Все опыты проводятся на высших живых организмах — на крысах.

На основе анализа научной литературы нами был составлен перечень наиболее важных положительных воздействий PQQ на организм млекопитающих и человека.

1. Пирролохинолинхинон (PQQ) является бактериальным окислительно-восстановительным кофактором и антиоксидантом, который, как было установлено, вызывает апоптоз в различных раковых клетках, что было доказано в исследованиях Варнаи А., Умэдзава К., Йошида М. и Эйсинка В. Г. В этом исследовании изучалась роль PQQ в клеточном апоптозе клеток хондросаркомы и вовлеченных в нее основных путей. Учеными с помощью анализа цитотоксичности клеток было доказано, что PQQ цитотоксичен для клеток хондросаркомы SW1353 [6].

2. PQQ повышает эффективность лечения черепно-мозговых травм. Исследования японских ученых показали, что черепно-мозговая травма является одной из основных причин инвалидности и смерти взрослых. Пока нет эффективных методов лечения травмы из-за ее сложной патофизиологии. В настоящем исследовании была создана модель черепно-мозговой травмы у крыс для изучения роли пирролохинолинхинона в повреждении центральной нервной системы. Результаты показали, что экспрессия белка расщепленной каспазы 3 увеличилась после черепно-мозговой травмы, а экспрессия уменьшилась при лечении 2 мМ пирролохинолинхиноном [15].

3. Пирролохинолинхинон защищает потомство от программ развития липотоксичности в печени. Авторами публикации [4] описано, что у мышей, которых кормили WD PQQ, были снижены показатели NNAFLD, включая уровни церамидов в печени, окислительный стресс и экспрессию провоспалительных генов (Nos2, Nlrp3, Il6 и Ptgс2), что сопровождалось повышением экспрессии генов окисления жирных кислот и снижением экспрессии Pparg. Эти изменения сохранялись даже после отмены PQQ. Результаты исследования свидетельствуют о том, что добавление PQQ, особенно во время беременности и кормления грудью, защищает потомство от программ развития липотоксичности в печени, вызванных ВД, и может помочь замедлить развитие эпидемии НАЖБП в следующем поколении.

4. Выявлено положительное влияние PQQ на функции нейронов после ИСН у взрослых крыс. Результаты исследования показали, что крысы, предварительно обработанные PQQ в дозе 10 мг/кг, эффективно улучшали двигательные функции, уменьшали объем гематомы и уменьшали расширение отека головного мозга после ИСН [8].

5. Результаты исследования, посвященного изучению эффектов лечения и механизмов пирролохинолинхинона (PQQ) на дефектных зубах и нижней челюсти у нокаутированных по Vmi-1 мышей, показывают, что PQQ может

оказывать лечебное воздействие на дефектные зубы и нижнюю челюсть, способствуя образованию остеобластной кости и уменьшая резорбцию остеокластной кости, удаляя АФК и уменьшая повреждение ДНК [5].

6. PQQ можно применять для профилактики и лечения фиброза печени. Авторами работы [20] доказывалось на моделях фиброза печени у мышей Balb/C наличие у PQQ сильной антифиброзной и поглощающей АФК активности. Пирролохинолинхинон (PQQ), являясь природным антиоксидантом, способен подавлять окислительный стресс и фиброгенез печени у мышей. Полученные в ходе данного исследования результаты дают обоснование для клинического применения PQQ в профилактике и лечении фиброза печени.

7. Пирролохинолинхинон (PQQ) выполняет радиозащитную роль в повреждении околоушной железы, вызванном общим облучением тела (ТВИ) у мышей C57BL / 6J. Результаты исследования авторов работы [19] демонстрируют, что PQQ выполняет радиозащитную роль в повреждении околоушной железы, вызванном ТВИ, возможно, посредством ингибирования окислительного стресса и участия в восстановлении повреждения ДНК. Исследование дает экспериментальные и теоретические знания для разработки радиозащитных клинических препаратов.

8. Изучены защитные эффекты добавок диетического пирролохинолинхинона динатрия (PQQ.Na<sub>2</sub>) против окислительного стресса, вызванного окисленным подсолнечным маслом, и повреждения печени у кур-несушек. Результаты проведенного исследования показывают, что PQQ.Na<sub>2</sub> является потенциальным антиоксидантом и столь же эффективен против повреждения печени у кур-несушек, связанного с окисленным маслом, что и витамин Е. Защитное действие PQQ.Na<sub>2</sub> против повреждения печени, вызванного окисленным маслом, может быть частично обусловлено его ролью в очистке от свободных радикалов, ингибировании перекисного окисления липидов и усилении систем антиоксидантной защиты [20].

9. Выявлено влияние перорально вводимого PQQ на влажность кожи, вязкоупругость и трансэпидермальную потерю воды (TEWL) как на мышинной модели с сухой кожей, так и у здоровых самок с субъективным симптомом сухой кожи. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что пероральный прием PQQ улучшает состояние кожи как у женщин с сухой кожей, так и у мышей с нарушенной барьерной функцией кожи [13].

10. После предположения, что PQQ действует как витаминopodobный ферментативный кофактор, авторы работы [1] провели исследования, которые показали, что PQQ влияет на метаболизм лизина с помощью механизмов, которые включают изменения в митохондриальном составе. Депривация PQQ как у крыс, так и у мышей в ходе эксперимента приводила к снижению содержания митохондрий.



11. В публикациях А. Бишопа, М. А. Паса, П. М. Галлопа, М. Л. Карновского говорится, что органические катионы дифенилениодония (DPI) и дифенилиодония (BPI) и ароматический о-диамин 4,5-диметилфенилендиамин (DIMPDA) изолируют синтетический PQQ и ингибируют его окислительно-восстановительную активность в модельной системе. Данные проведенного исследования демонстрируют наличие PQQ у нейтрофилов морских свинок и предполагают, что он может играть прямую или косвенную роль в  $O_2$ , вызывая респираторный взрыв [2].

12. Пирролохинолинхинон (PQQ) оказывает влияние на размер инфаркта миокарда и сердечную функцию на моделях ишемии. Предполагается, что PQQ, который, по-видимому, действует как поглотитель свободных радикалов в ишемическом миокарде, является высокоэффективным кардиозащитным средством [17].

13. В работе А. Варнаи, К. Умедзавы, М. Йошиды, В. Г. Х. Эйсинка и других ученых были изучены защитные эффекты добавок диетического пирролохинолинхинона динатрия ( $PQQ.Na_2$ ) против окислительного стресса, вызванного окислением подсолнечного масла, и повреждения печени у курнесушек. Процедуры включали в себя различные рационы с использованием подсолнечного масла. Пищевые добавки с  $PQQ.Na_2$  или витамином Е увеличивали активность общей супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы в плазме и печени по сравнению с группой с окисленным подсолнечным маслом.  $PQQ.Na_2$  или витамин Е уменьшали вызванное диетой окисленного подсолнечного масла увеличение массы печени, отношения печени к BW и плазменной активности аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы и поддерживали эти показатели на уровне, аналогичном диете из свежего масла [16].

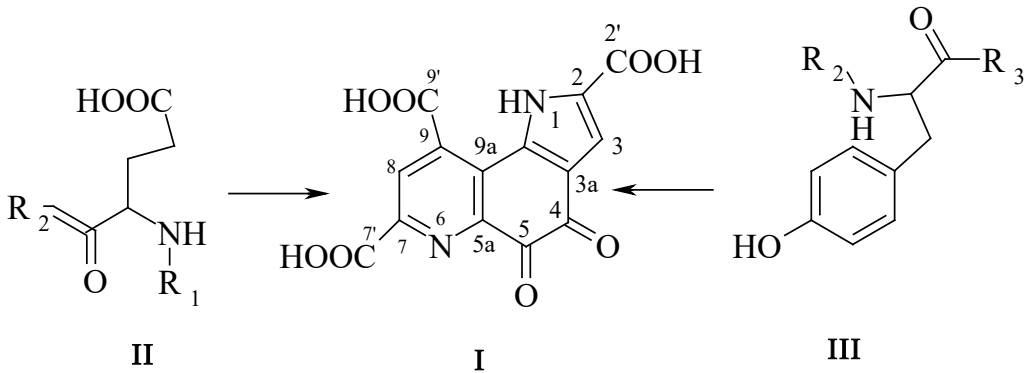
## Способы синтеза пирролохинолинхинона (PQQ)

PQQ синтезируется в промышленных масштабах в основном двумя способами: биохимическим и синтетическим. В данной статье мы рассмотрим биохимический способ синтеза.

Согласно первому предположению пирролохинолинхинон (I) синтезируется с участием ферменты  $\alpha$ -аминоадипиновой кислоты- $\Delta$ -семиальдегида [9]. На данный момент доказано, что это предположение было ошибочным, так как уровень этого фермента не регулируется м-РНК в зависимости от уровня пирролохинолинхинона, как это происходит в случае, если фермент участвует в синтезе пирролохинолинхинон [2].

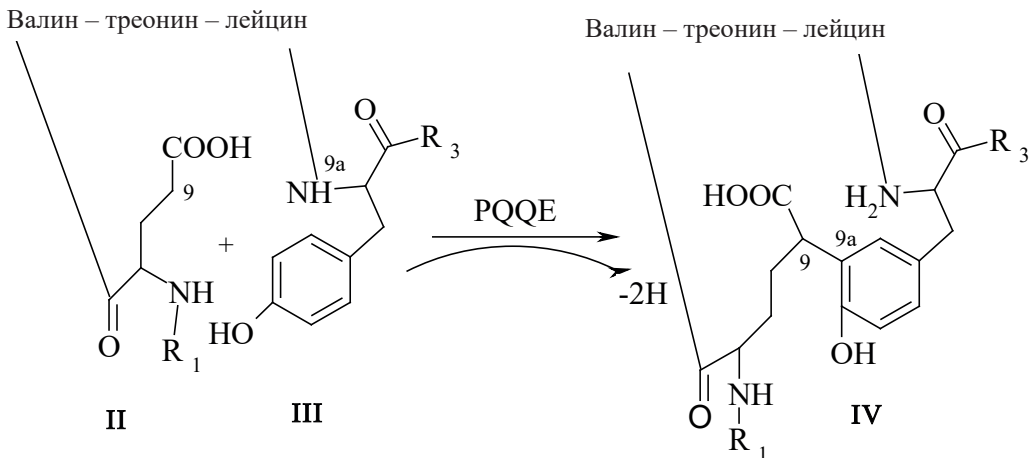
Один из наиболее доказанных путей биологического синтеза пирролохинолинхинона (I) базируется на том, что синтез осуществляется в бактериальных клетках из аминокислоты L-тирозина (III) и глутамата (II) с участием серии

ферментов (PQQA-F). PQQ образуется из глутамата и тирозина, которые содержатся в белке — предшественнике PQQA [6].



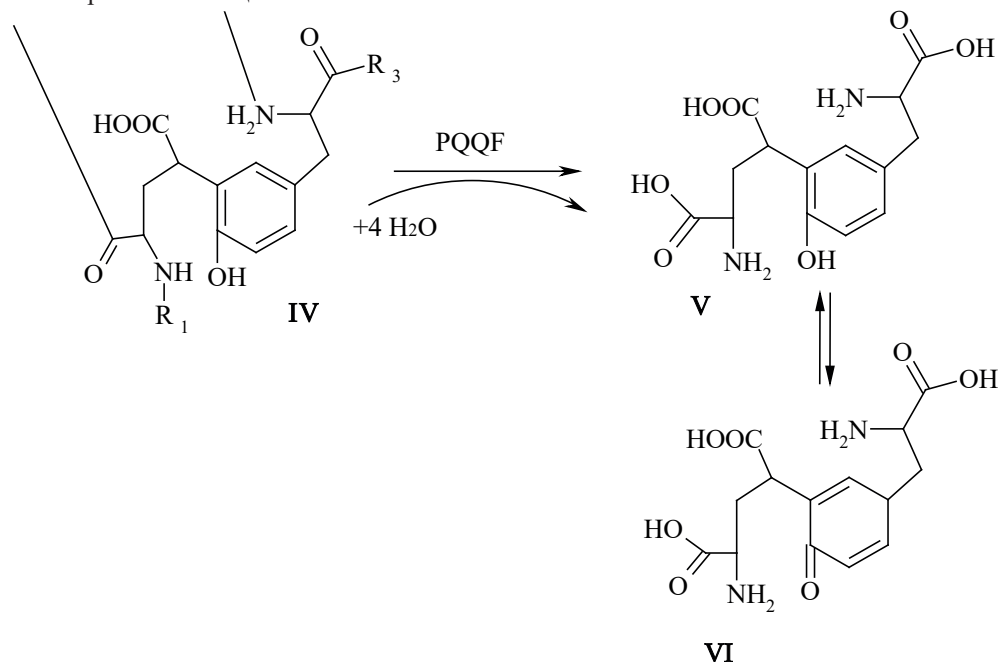
Российские биохимики Е. Р. Гак, Н. В. Горшкова и И. Л. Токмакова предложили способ получения пирролохинолинохинона (PQQ) с использованием бактерии рода *Methylobacterium* [9] или *Nurphomicrobium*, который заключается в выращивании бактерий рода *Nurphomicrobium* на питательной среде с последующим выделением пирролохинолинохинона (PQQ) из культуральной жидкости. Выход целевого продукта увеличивается путем модификации бактерии с целью экспрессии кластера генов PQQ.

Предполагается, что синтез пирролохинолинохинона (PQQ) осуществляется в пять последовательных реакций. Функции части ферментов, которые участвуют в синтезе PQQ, подробно описаны. Так, белок PQQB обеспечивает транспорт PQQ в периплазму. В связи с тем что тирозин и глутамат являются частью пептида, предшественника PQQA, возникает вопрос, каким образом эти два остатка вырезаны из пептида и связаны между собой. Фермент PQQE распознает PQQA-белок (IV), при этом происходит связывание аминокислот глутамата и тирозина белка PQQA, что обеспечивает взаимодействие белка PQQF с ферментом PQQA.

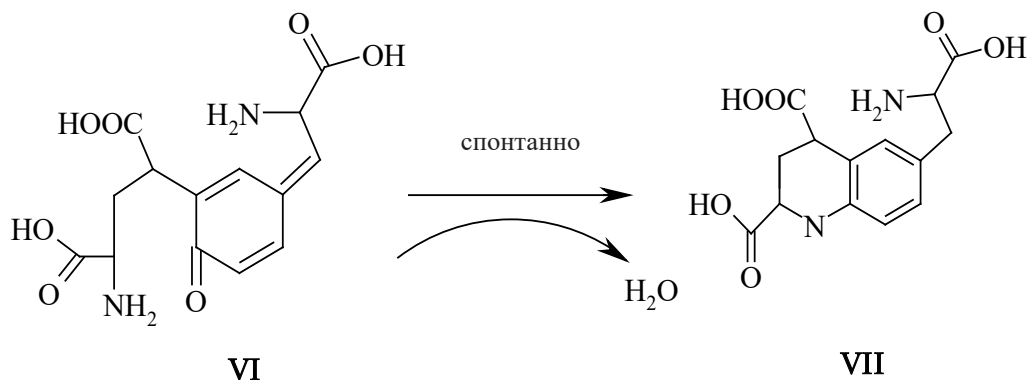


Далее белок PQQF катализирует отрыв дипептида глутамат-тирозин от PQQA. Образование связей C–C между атомами C<sub>9</sub> и C<sub>9a</sub>, скорее всего, один из первых шагов реакции, для того чтобы связать две аминокислоты. Перед этим пептидные связи обрезаются, образуется дипептид глутамат-тирозин в двух таутомерных формах (V и VI).

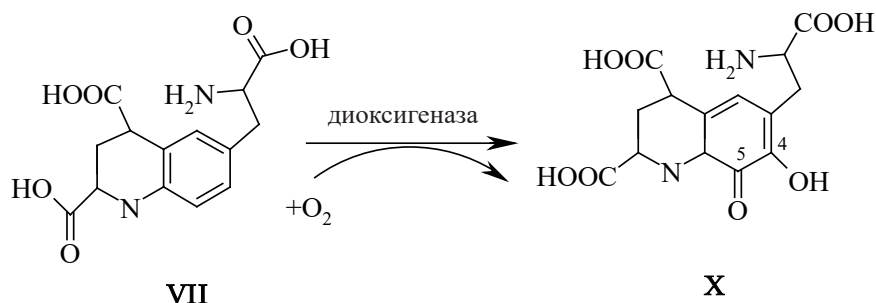
Валин – треонин – лейцин



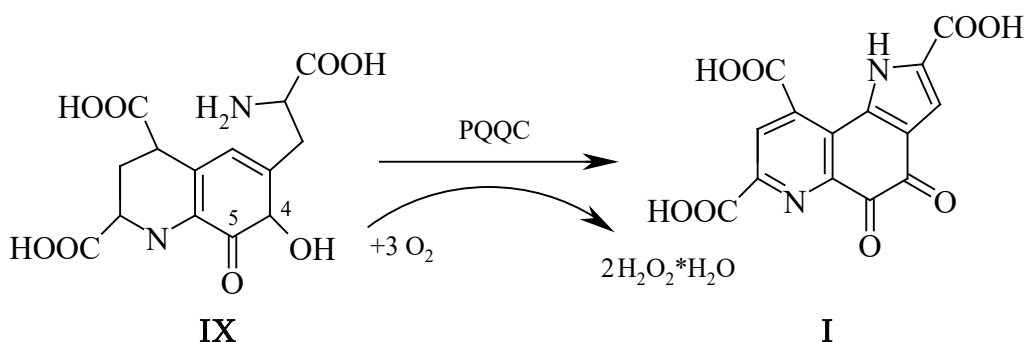
После связывания и протеолитического расщепления четырех пептидных связей дипептида аминокислотная группа N6 из глутамата и OH (C5a) тирозина самопроизвольно происходит образование основания Шиффа (VII).



В следующей стадии реакции две OH-группы добавляются у атомов C<sub>4</sub> и C<sub>5</sub> в тирозиновом кольце благодаря воздействию диоксигеназы.

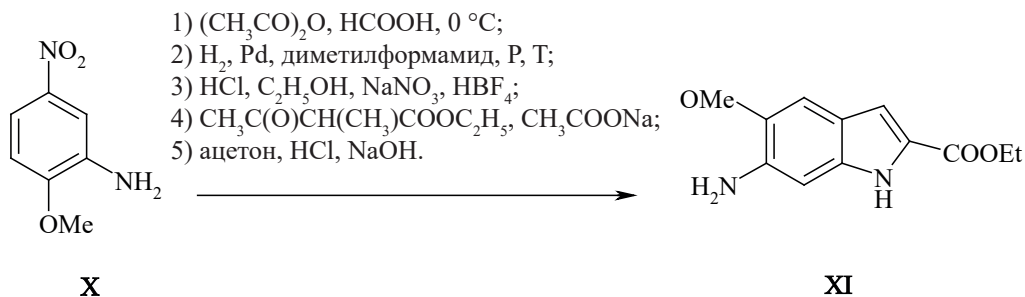


Белок PQQC, который является по своей функциональной принадлежности оксидазой, катализирует конечную стадию синтеза PQQ (I). Происходит замыкание кольца в N1 и удаление восьми электронов и восьми протонов от промежуточного соединения (IX).

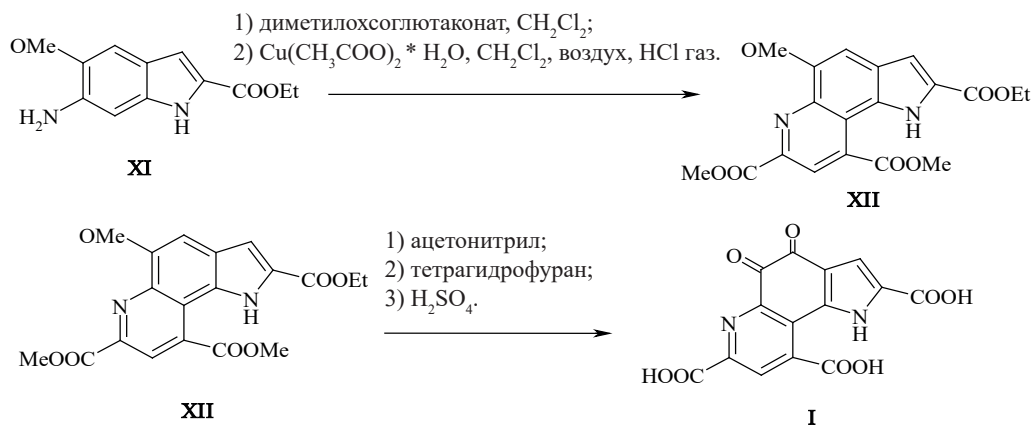


Функция белка PQQD пока остается неизвестной.

Второй способ предложен авторами «Синтез пирролохинолинхинона (PQQ)» (Дж. Верн Кемпф, Дамодара Гопал, Уолтер Сталцер), которые описали ступенчатый процесс синтеза метоксатина. Согласно предложенному способу, путем серии реакций из 5-нитро-о-анизида (X) получают 2-этоксикарбонил-5-метокси-6-аминоиндол (XI) [10].



Из последнего взаимодействием с диметилохсоглутаконатом сначала получают соединение (XII), а затем, при взаимодействии с ацетонитрилом, получают пирролохинолин (I).



В результате серии реакций получается пирролохинолинхинон (PQQ).

Таким образом, нами представлен обзор научных сведений о свойствах пирролохинолинхинона (PQQ), а также о методах его синтеза и применении.

### Список источников / References

1. Bauerly K. A. Pyrroloquinolinequinone nutritional status alters lysine metabolism and modulates mitochondrial DNA content in the mouse and rat / K. A. Baurly, D. H. Storms, C. B. Harris, S. Hajizadeh et al. // *Biochim Biophys Acta*. 2006. Vol. 1760 (11). P. 1741–1748. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17029795/>
2. Bishop A. Methoxatin (PQQ) in guinea pig neutrophils / A. Bishop, M. A. Paz, P. M. Gallop // *Free Radical Biology and Medicine*. 1994. № 17 (4). P. 311–320. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0891584994900175>
3. Duine J. A. The PQQ story // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 1999. Vol. 88 (3). P. 231–236. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16232604/>
4. Early PQQ supplementation has persistent long-term protective effects on developmental programming of hepatic lipotoxicity and inflammation in obese mice / K. R. Jonscher, M. S. Stewart, A. Alfonso-Garcia [et al.] // *Early FASEB Journal*. 2017. Vol. 31 (4). P. 1434–1448.
5. Effects of orally administered pyrroloquinolinequinone disodium salt in dry skin in mice and healthy women / M. Nakano, A. Kamimura, F. Watanabe [et al.] // *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2015. Vol. 61 (3). P. 241–246.
6. Kasahara T. Nutritional biochemistry: a new redox-cofactor vitamin for mammal / T. Kasahara, T. Kato // *Nature*. 2003. № 422. P. 832.
7. Kumar N. Pyrroloquinoline quinone (PQQ) has potential to ameliorate streptozotocin-induced diabetes mellitus and oxidative stress in mice: A histopathological and biochemical study / N. Kumar, A. Kar // *Chemico-Biological Interactions*. 2015. № 8. P. 278–290.
8. New biological properties of PQQ and its related compounds: inhibition of chemiluminescence, lipid peroxidation and rat paw edema / Y. Hamagishi, S. Murata, H. Kamei [et al.] // *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 1990. Vol. 255. P. 80–85.
9. Patent RU2504584C2. Method for obtaining pyrroloquinoline quinone (PQQ) using bacterium of *Methylobacterium* or *Hyphomicrobium* type / E. R. Gak, N. V. Gorshkova, I. L. Tokmakova. 19.09.2012. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2504584C2/ru>

10. Patent US 2007/0072894 A1. Synthesis of pyrroloquinoline quinone (PQQ) / J. V. Kempf, D. Gopal, W. Stalzer. 29 marta 2007.
11. Pyrroloquinoline Quinone Slows Down the Progression of Osteoarthritis by Inhibiting Nitric Oxide Production and Metalloproteinase Synthesis / R. Tao, S. Wang, X. Xia [et al.] // *Inflammation*. 2015. Vol. 38 (4). P. 1546–1555.
12. Pyrroloquinolinquinone (PQQ) leaves the size of myocardial infarction and improves cardiac function in rat ischemia and ischemia-reperfusion models / B. Q. Zhu, H. Z. Zhou, J. R. Teerlink, J. S. Karliner // *Cardiovascular preparations and therapy*. 2004. Vol. 18 (6). P. 421–431.
13. Smidt C. R. The physiological significance of pyrroloquinoline quinone / C. R. Smidt, F. M. Steinberg, R. B. Rucker // *Materials of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1991. Vol. 197 (1). P. 19–26.
14. The disodium pyrroloquinolinquinone disodium supplement protects against oxidative stress and liver damage in laying hens on a diet supplemented with oxidized sunflower oil / J. Wang, H. J. Zhang, L. Xu [etc.] // *Animal*. 2016. Vol. 10 (7). P. 1129–1136.
15. The effect of pyrroloquinoline quinone on apoptosis and autophagy in traumatic brain injury / P. Zhang, Y. Ye, Y. Qian [et al.] // *CNS and Neurological Disorders — Drug Targets*. 2017. Vol. 16 (6). P. 724–736.
16. The pyrroloquinolinequinone-dependent pyranose dehydrogenase from *Coprinopsis cinerea* drives lytic polysaccharide monooxygenase action / A. Várnai, K. Umezawa, M. Yoshida, V. G. H. Eijsink // *Applied and Environmental Microbiology*. 2018. Vol. 84 (11). P. 398–341.
17. Toyama H. Pyrroloquinoline Quinone (PQQ) // *Industrial Biotechnology of Vitamins, Biopigments, and Antioxidants*. 2016. Vol. 5. P. 367–388.
18. Hauge J. G. Glucose dehydrogenase of bacterium *Anitratum*: an enzyme with a novel prosthetic group // *Journal of Biological Chemistry*. 1964. Vol. 239 (11). P. 3630–3639. URL: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)91183-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)91183-X)
19. Huang Y. Radioprotective effects of pyrroloquinolinquinone on the parotid glands in mice C57BL/6J / Y. Huang, N. Chen, D. Miao // *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2016. Vol. 12 (6). P. 3685–3693.
20. Huang Y. The treatment effects and mechanisms of pyrroloquinoline quinone on defective teeth and mandible in Bmi-1 knockout mice / Y. Huang, D. Miao, N. Chen // *Chinese journal of stomatology*. 2015. Vol. 50 (8). P. 496–502.

УДК 581.1; 502.55

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.4

**Мария Юрьевна Зубова<sup>1</sup>,**  
**Диана Муратовна Каирбекова<sup>2</sup>,**  
**Людмила Владимировна Назаренко<sup>3</sup>,**  
**Людмила Степановна Малюкова<sup>4</sup>,**  
**Наталья Викторовна Загоскина<sup>5</sup>**

<sup>1,5</sup> Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

<sup>2,3</sup> Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

<sup>4</sup> Субтропический научный центр РАН, Сочи, Россия

## **Влияние микроэлементов на накопление биофлавоноидов в растениях чая**

**Аннотация.** Изучено накопление фенольных соединений, в том числе таких представителей биофлавоноидов, как флаваны, в листьях растений чая. Их выращивали при стандартных условиях (отношение NPK составляло 240:70:90 кг/га) или при дополнительном внесении в почву таких микроэлементов, как бор ( $H_3BO_3$  — 6 кг/га) и цинк ( $ZnSO_4$  — 4,3 кг/га). Установлено более высокое содержание фенольных соединений в листьях растений, выращенных в условиях дополнительного внесения микроэлементов. Этот эффект был более выражен при воздействии бора.

**Ключевые слова:** растения чая, фенольные соединения, микроэлементы

UDC 581.1; 502.55

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.4

**Maria Yurievna Zubova<sup>1</sup>,**  
**Diana Muratovna Kairbekova<sup>2</sup>,**  
**Lyudmila Vladimirovna Nazarenko<sup>3</sup>,**  
**Lyudmila Stepanovna Malyukova<sup>4</sup>,**  
**Natalya Viktorovna Zagoskina<sup>5</sup>**

<sup>1,5</sup> K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia

<sup>2,3</sup> Moscow City University, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

## **Effect of trace elements on bioflavonoid accumulation in tea plants**

**Abstract.** The accumulation of phenolic compounds, including such representatives of bioflavonoids as flavans, in the leaves of tea plants was studied. They were grown under standard conditions (NPK ratio was 240:70:90 kg/ha) or with additional soil application

of such trace elements as boron ( $H_3BO_3$  — 6 kg/ha) and zinc ( $ZnSO_4$  — 4.3 kg/ha). A higher content of phenolic compounds in the leaves of plants grown under conditions of additional application of microelements was established. This effect was more pronounced when exposed to boron.

**Keywords:** tea plants, phenolic compounds, trace elements

## Введение

Растения чая (*Camellia sinensis* L.) относятся к одним из важнейших культур, способствующих здоровьесбережению человечества [20]. В значительной степени это обусловлено получаемым из него продуктом — чаем, который входит в ежедневной рацион практически каждого жителя нашей планеты [1, 19]. Биологически активные соединения чайного растения используются также в медицине и косметической промышленности [16, 17]. Такой широкий спектр применения можно объяснить его уникальным химическим составом. В него входят различные азотсодержащие соединения (кофеин, теofilлин, теобромин), дубильные вещества, эфирные масла, а также фенольные соединения — вещества с высокой антиоксидантной активностью [7, 11].

Фенольные соединения — самые широко встречающиеся в растениях вещества вторичного метаболизма [4]. Их физиологические функции весьма различны, это связано с ростом и развитием растений, регуляцией клеточного цикла и гормональной системы растительных клеток, фотосинтезом и дыханием, защитой от патогенов и других стрессоров [15, 18, 22].

Среди фенольных соединений наиболее широко представлены различные флавоноиды или, как часто отмечается в литературе, биофлавоноиды [4, 9]. К ним относятся антоцианы, флавононы, флавоны, флавонолы, флаваны и другие их классы. Многие из этих соединений придают окраску растительным тканям и даже рассматриваются как компоненты их пигментной системы [12]. В большей степени это характерно для антоцианов, накопление которых в цветках и плодах обеспечивает их различный цвет (от светло-желтого до темно синего) [13].

Как уже отмечалось выше, для многих фенольных соединений характерна антиоксидантная активность. Она сохраняется и при их поступлении в организм человека, оказывая на него благотворное влияние [13]. Такие представители растительных биофлавоноидов, как флаваны, проявляют высокую антиоксидантную активность, тем самым предотвращая развитие атеросклероза и снижая риск развития сердечно-сосудистых заболеваний у человека [2]. Они также оказывают положительное воздействие на когнитивные функции мозга и подавляют рост раковых клеток, что открывает новые перспективы при лечении данных заболеваний [20]. Помимо этого, доказано, что постоянное употребление экстрактов зеленого чая с высоким содержанием флаванов приводит к снижению жировых отложений, а также к предотвращению риска



развития сахарного диабета 2-го типа [14]. Все это может свидетельствовать о важной роли биофлавоноидов чая в здоровьесбережении человека.

Способность растений чая синтезировать биофлавоноиды зависит от многих факторов, включая особенности сорта, этапы онтогенеза, условия выращивания [3, 7, 10]. Говоря об условиях выращивания, стоит упомянуть о важности минерального питания, которое заключается в рациональном внесении в почву макро- и микроэлементов, что способствует увеличению продуктивности растений чая и, как следствие, накоплению флавоноидов [5]. Несмотря на длительную историю изучения этого вопроса, многие аспекты регуляции накопления фенольных соединений, в том числе флаванов, в молодых побегах чая до сих пор остаются дискуссионными.

Целью нашего исследования было изучение накопления фенольных соединений и флаванов в листьях растений чая при обычном уровне минерального питания и при дополнительном внесении в почву таких микроэлементов, как бор и цинк.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования были зеленые листья однолетних побегов растений чая (*Camellia sinensis* L.) сорта «Колхида», выращиваемых на чайной плантации в районе Большого Сочи (пос. Уч-Дере, ЗАО «Дагомысчай», Краснодарский край). В почву вносили стандартные комплексные удобрения, где NPK было в соотношении 240:70:90 кг/га (контроль), а также дополненные микроэлементами — цинк (Zn) и бор (B), соответственно в виде  $ZnSO_4$  (4,3 кг/га) и  $H_3BO_3$  (6 кг/га).

Для изучения были использованы листья однолетних побегов, собранные в июле 2021 года. Растительный материал фиксировали жидким азотом и хранили при  $-70\text{ }^\circ\text{C}$  до проведения биохимических исследований.

## Экстракция фенольных соединений из растительного материала

Фенольные соединения извлекали из растительного материала экстракцией 96 %-ным этанолом [8]. Для этого зафиксированный в жидком азоте растительный материал гомогенизировали в экстрагенте, помещали в конические пробирки и выдерживали в термостате при  $+45\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 30 мин. в темноте. Затем гомогенат центрифугировали при 16 000 об/мин в течение 3 минут, отделяя надосадочную фракцию, которую использовали для количественного определения различных соединений фенольной природы, методом спектрофотометрии.

## Определение суммарного содержания фенольных соединений

Суммарное содержание фенольных соединений определяли с использованием реактива Фолина – Дениса [8]. Для этого к 75 мкл этанольного экстракта добавляли 75 мкл реактива Фолина – Дениса. Через 3 минуты добавляли 150 мкл концентрированного раствора соды и 1200 мкл воды. В контрольном варианте спиртовой растительный экстракт заменяли на 96 %-ный этанол. Смесь инкубировали при 24 °С в течение 30 минут, а затем центрифугировали 3 минуты при 16 000 об/мин. Полученный супернатант отделяли и проводили определение оптической плотности раствора при 725 нм. Калибровочную кривую строили по галловой кислоте.

## Определение содержания флаванов

Содержание флаванов определяли с использованием ванилинового реактива [8]. Для этого к 250 мкл этанольного экстракта добавляли 1250 мкл 1 %-ного раствора ванилина в 70 %-ной  $H_2SO_4$ . В качестве контроля использовали раствор, где экстракт заменяли на 96 %-ный этанол. Спектрофотометрирование проводили при 500 нм. Для расчета содержания флаванов использовали калибровочную кривую, построенную по (+)-эпикатехину.

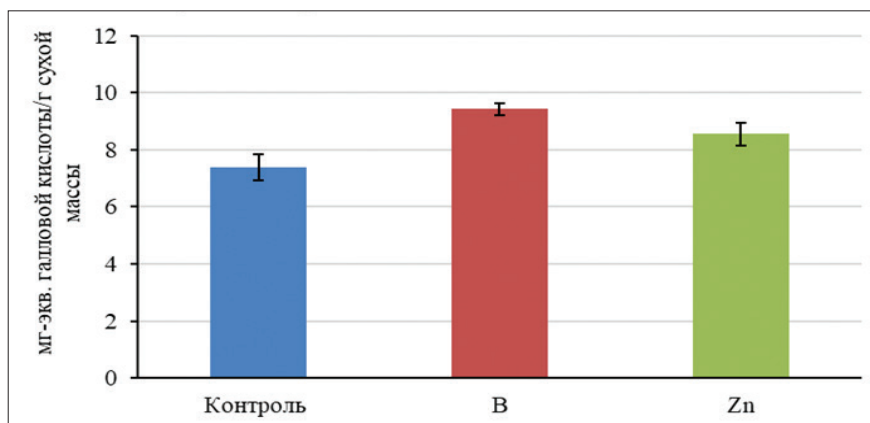
## Статистическая обработка результатов

Все определения проводили в трех биологических и 2–3 аналитических повторностях. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программы Statistica for Windows 9.0. На рисунках представлены средние арифметические значения определений и их стандартные ошибки. Надстрочные символы обозначают достоверность различий средних значений по *t*-критерию Стьюдента при  $p < 0,050$ .

## Результаты исследования

Поскольку фенольные соединения являются теми биологически активными компонентами, которые обуславливают использование растений чая, то было проведено определение их суммарного накопления в листьях как важного показателя биосинтетической способности растительных тканей [4, 8].

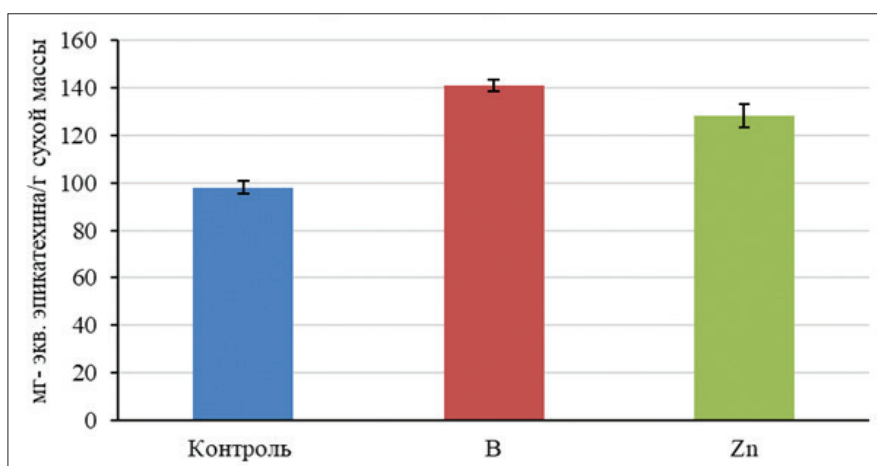
При дополнительном внесении в почву микроэлементов отмечалось незначительное повышение содержания суммы фенольных соединений в молодых листьях (рис. 1).



**Рис. 1.** Содержание суммы фенольных соединений в листьях однолетних растений чая, выращенных в стандартных условиях (контроль) или при дополнительном внесении в почву бора (B) и цинка (Zn)

В присутствии бора этот показатель повышался в среднем на 25 % по сравнению с контролем, а в присутствии цинка — в среднем на 10 %. Можно заключить, что повышение количества бора в почве сопровождалось изменениями в метаболизме растений чая, что проявлялось в активации накопления фенольных соединений в листьях молодых побегов. О влиянии бора на образование этих вторичных метаболитов в тканях растений сообщалось и другими авторами [5].

В фенольном комплексе растений чая основными представителями биофлавоноидов являются флаваны [2]. Их накопление в листьях молодых побегов растений чая, выращиваемых на почвах, обогащенных бором и цинком, было выше относительно контрольного варианта (рис. 2).



**Рис. 2.** Содержание флаванов в листьях однолетних растений чая, выращенных в стандартных условиях (контроль) или при дополнительном внесении в почву бора (B) и цинка (Zn)

Внесение в почву бора приводило к увеличению содержания в них флаванов в среднем на 43 % по сравнению с контролем. При добавлении цинка оно повышалось в среднем на 31 %. Это еще раз подтверждает более выраженные изменения в фенольном метаболизме в листьях молодых побегов растений чая, выращиваемых на почвах с повышенным содержанием бора.

## Заключение

Бор и цинк относятся к важным эссенциальным микроэлементам, которые жизненно необходимы растениям и участвуют в регуляции процессов метаболизма [6, 21]. Их внесение в почву и, как следствие, поступление в клетки и ткани оказывает влияние на многие физиологические процессы, в том числе образование различных соединений, к числу которых относятся биофлавоноиды.

Бор является важным микроэлементом для роста растений. Он повышает засухо- и морозоустойчивость растений, интенсивность фотосинтеза, влияет на активность ферментов [6]. Отмечено его положительное действие на поступление в растения кальция и калия, а также других важных макроэлементов. При недостатке бора в почве отмечались нарушения роста корней и стеблей, отсутствие цветков на побегах [10].

Согласно полученным нами данным, дополнительное внесение бора в почву при выращивании растения чая способствовало повышению в листьях молодых побегов количества фенольных соединений, особенно таких представителей биофлавоноидов, как флаваны.

Важная биологическая роль в жизни растений принадлежит и другому эссенциальному микроэлементу — цинку [21]. Он оказывает влияние на процессы фотосинтеза, содействует повышению содержания углеводов в зеленых частях растений, а также входит в состав многих ферментов. Доказано, что соединения цинка принимают участие в адаптации растений к различным стрессорам (мороз, засуха, вредное влияние солей). При недостатке этого микроэлемента в них укорачиваются междоузлия, листья приобретают бронзовый оттенок, становятся пятнистыми [16].

Согласно полученным данным, количество фенольных соединений, в том числе биофлавоноидов флавановой природы, в листьях однолетних побегов чая, выращенных на почве с повышенным содержанием цинка, увеличилось. Однако эти изменения были выражены в меньшей степени, чем при действии бора.

Таким образом, можно сделать вывод о положительном регуляторном действии на метаболические процессы в растениях *Camellia sinensis* L. таких эссенциальных элементов, как бор и цинк. Это проявлялось в более высоком накоплении в молодых листьях флаванов — биологически активных соединений с Р-витаминной активностью, обуславливающих качество продукта (чая). Можно предположить возможность изменения/улучшения продуктивности

растений чая при действии микроэлементов в отношении наиболее ценной части их урожая (флешей) за счет активации биосинтеза фенольных соединений, в том числе биофлавоноидов, как важных биологически ценных компонентов получаемого из него продукта — чая.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 121050500047-5) и ГЗ ФИЦ ШНЦ РАН № FGRW-2021-0010.

### Список источников

1. Афонина С. Н. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор) / С. Н. Афонина, Е. Н. Лебедева, Н. П. Сетко // Оренбургский медицинский вестник. 2017. №. 4 (20). С. 17–33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32290518>
2. Барабой В. А. Катехины чайного растения: структура, активность, применение // Биотехнология. 2008. Т. 1. № 3. С. 25–36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18909972>
3. Гвасалия М. В. Генетическое разнообразие растений чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), произрастающих во влажных субтропиках России // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 66. С. 28–34. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-66-28-34
4. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 271 с.
5. Козлова Н. В., Великий А. В. Особенности химического состава чайного растения на фоне применения мезо и микроудобрений (S, Mg, Ca, B, Zn) в условиях субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. 2012. № 46. С. 251–260. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35380757>
6. Куликова Е. В. Влияние различных способов агротехники на содержание водорастворимого бора в черноземах выщелоченных Рамонского района Воронежской области / Е. В. Куликова, Н. С. Горбунова, Ю. А. Горшенева // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2019. № 1 (8). С. 61–67. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39245576>
7. Малюкова Л. С. Генетические механизмы биосинтеза катехинов, кофеина и L-теанина у чайного растения *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (обзор) / Л. С. Малюкова, Л. С. Самарина, Н. В. Загоскина // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 5. С. 882–896. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.882rus
8. Нечаева Т. Л. Адаптация *in vivo* и *in vitro* растений *Camellia sinensis* (L.) Kuntze к действию кальция / Т. Л. Нечаева, М. Ю. Зубова, Л. С. Малюкова и др. // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. Т. 78. С. 66–76. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-78-66-76
9. Павленкова М. В. Сохранение биофлавоноидов в процессе обезвоживания фруктового сырья / М. В. Павленкова, В. Н. Стрижевская, С. А. Немкова и др. // Технологии и продукты здорового питания. 2018. С. 175–180. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38237769>
10. Платонова Н. Б., Белоус О. Г. Содержание флавоноидов в зависимости от условий выращивания и сорта чайного растения // Фенольные соединения: функциональная роль в растениях. 2018. С. 319–326. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35380757>

11. Платонова Н. Б., Белоус О. Г. Биохимический состав чая и его изменения под влиянием различных факторов // Техника и технология пищевых производств. 2020. № 50 (3). С. 404–414. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-3-404-414
12. Чуб В. В., Миронова О. Ю. Поглощение света растениями и биологически активные молекулы // Светотехника. 2019. С. 13–18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41482678>
13. Юдина Р. С. Антоцианы как компоненты функционального питания / Р. С. Юдина, Е. И. Гордеева, О. Ю. Шоева и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (2). С. 178–189. DOI: 10.18699/VJ21.022
14. Burton-Freeman B. A selective role of dietary anthocyanins and flavan-3-ols in reducing the risk of type 2 diabetes mellitus: a review of recent evidence / B. Burton-Freeman, M. Brzeziński, E. Park et al. // Nutrients. 2019. № 11 (4). P. 841. DOI: 10.3390/nu11040841
15. Cheynier V. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology / V. Cheynier, G. Comte, K. M. Davies et al. // Plant physiology and biochemistry. 2013. V. 72. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.05.009
16. Koch W. Applications of tea (*Camellia sinensis*) and its active constituents in cosmetics / W. Koch, J. Zagórska, Z. Marzec et al. // Molecules. 2019. № 24 (23). P. 4277. DOI: 10.3390/molecules24234277
17. Mahmood M. S. Antiviral effects of green tea (*Camellia sinensis*) against pathogenic viruses in human and animals (a mini review) / M. S. Mahmood, J. L. Martínez, A. Aslam et al. // African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. 2016. № 13 (2). P. 176–184. DOI: 10.4314/ajtcam.v13i2.21
18. Naikoo M. I. Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: An overview / M. I. Naikoo, M. I. Dar, F. Raghieb et al. // Plant signaling molecules. 2019. P. 157–168. DOI: 10.1016 / B978-0-12-816451-8.00009-5
19. Naveed M. Pharmacological values and therapeutic properties of black tea (*Camellia sinensis*): A comprehensive overview / M. Naveed, J. BiBi, A. A. Kamboh et al. // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2018. № 100. P. 521–531. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.02.048
20. Sharangi A. B. Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) – A review // Food research international. 2009. V. 42. № 5–6. P. 529–535. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.01.007
21. Tanmoy K. Micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, and Zn) content in made tea (*Camellia sinensis* L.) and tea infusion with health prospect: A critical review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition / K. Tanmoy, R. K. Funso, R. N. Jyoti et al. 2017. Vol. 57 (14). P. 2996–3034. DOI: 10.1080/10408398.2015.1083534
22. Zaynab M. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens / M. Zaynab, M. Fatima, S. Abbas et al. // Microbial pathogenesis. 2018. № 124. P. 198–202. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.08.034

## References

1. Afonina S. N. Biochemistry of tea components and features of its biological effect on the body (review) / S. N. Afonina, E. N. Lebedeva, N. P. Setko // Orenburg Medical Bulletin. 2017. № 4 (20). P. 17–33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32290518>
2. Baraboy V. A. Catechins of tea plant: structure, activity, application // Biotechnology. 2008. Vol. 1. № 3. P. 25–36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18909972>

3. Gvasalia M. V. Genetic diversity of tea plants (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), growing in the humid subtropics of Russia // Subtropical and decorative gardening. 2018. № 66. P. 28–34. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-66-28-34
4. Prometov M. N. Phenolic compounds: distribution, metabolism and functions in plants. M.: Science, 1993. 271 s.
5. Kozlova N. V., Veliky A. V. Features of the chemical composition of a tea plant against the background of the use of meso and microfertilization (S, Mg, Ca, B, Zn) in the conditions of the subtropics of Russia // Subtropical and decorative gardening. 2012. № 46. P. 251–260. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35380757>
6. Kulikova E. V. The influence of various methods of agricultural engineering on the content of water-soluble boron in the chernozems of the leached Ramonsky district of the Voronezh region / E. V. Kulikova, N. S. Gorbunova, Yu. A. Gorsheneva // Models and technologies of environmental management (regional aspect). 2019. № 1 (8). P. 61–67. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39245576>
7. Malyukova L. S. Genetic mechanisms for the biosynthesis of catechins, caffeine and L-theanine in the tea plant *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (review) / L. S. Malyukova, L. S. Samarina, N. V. Zagoskina // Agricultural biology. 2022. Vol. 57. № 5. P. 882–896. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.882rus
8. Nechaeva T. L. In vivo and in vitro adaptation of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze plants to calcium action / T. L. Nechaeva, M. Yu. Zubova, L. S. Malyukova et al. // Subtropical and ornamental horticulture. 2021. Vol. 78. P. 66–76. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-78-66-76
9. Pavlenkova M. V. Preservation of bioflavonoids in the process of dehydration of fruit raw materials / M. V. Pavlenkova, V. N. Strizhevskaya, S. A. Nemkova et al. // Technologies and healthy food products. 2018. P. 175–180. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38237769>
10. Platonova N. B., Belous O. G. Content of flavonoids depending on the growing conditions and variety of tea plant // Phenolic compounds: functional role in plants. 2018. P. 319–326. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35380757>
11. Platonova N. B., Belous O. G. Biochemical composition of tea and its changes under the influence of various factors // Technology and technology of food production. 2020. № 50 (3). P. 404–414. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-3-404-414
12. Chub V. V., Mironova O. Yu. Absorption of light by plants and biologically active molecules // Lighting engineering. 2019. P. 13–18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41482678>
13. Yudina R. S. Antotsians as components of functional nutrition / R. S. Yudina, E. I. Gordeeva, O. Yu. Shoeva et al. // Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2021. № 25 (2). P. 178–189. DOI: 10.18699/VJ21.022
14. Burton-Freeman B. A selective role of dietary anthocyanins and flavan-3-ols in reducing the risk of type 2 diabetes mellitus: a review of recent evidence / B. Burton-Freeman, M. Brzeziński, E. Park et al. // Nutrients. 2019. № 11 (4). P. 841. DOI: 10.3390/nu11040841
15. Cheynier V. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and eco-physiology / V. Cheynier, G. Comte, K. M. Davies et al. // Plant physiology and biochemistry. 2013. V. 72. P. 1–20. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.05.009
16. Koch W. Applications of tea (*Camellia sinensis*) and its active constituents in cosmetics / W. Koch, J. Zagórska, Z. Marzec et al. // Molecules. 2019. № 24 (23). P. 4277. DOI: 10.3390/molecules24234277

17. Mahmood M. S. Antiviral effects of green tea (*Camellia sinensis*) against pathogenic viruses in human and animals (a mini review) / M. S. Mahmood, J. L. Martínez, A. Aslam et al. // African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. 2016. № 13 (2). P. 176–184. DOI: 10.4314/ajtcam.v13i2.21
18. Naikoo M. I. Role and regulation of plants phenolics in abiotic stress tolerance: An overview / M. I. Naikoo, M. I. Dar, F. Raghieb et al. // Plant signaling molecules. 2019. P. 157–168. DOI: 10.1016/B978-0-12-816451-8.00009-5
19. Naveed M. Pharmacological values and therapeutic properties of black tea (*Camellia sinensis*): A comprehensive overview / M. Naveed, J. BiBi, A. A. Kamboh et al. // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2018. № 100. P. 521–531. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.02.048
20. Sharangi A. B. Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) – A review // Food research international. 2009. Vol. 42. № 5–6. P. 529–535. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.01.007
21. Tanmoy K. Micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, and Zn) content in made tea (*Camellia sinensis* L.) and tea infusion with health prospect: A critical review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition / K. Tanmoy, R. K. Funso, R. N. Jyoti et al. 2017. Vol. 57 (14). P. 2996–3034. DOI: 10.1080/10408398.2015.1083534
22. Zaynab M. Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens / M. Zaynab, M. Fatima, S. Abbas et al. // Microbial pathogenesis. 2018. № 124. P. 198–202. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.08.034



УДК 598.2:574.2

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.5

Андрей Александрович Резанов<sup>1</sup>,  
Александр Геннадиевич Резанов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Московский городской педагогический университет

## Пути синантропизации птиц в условиях мегаполиса

**Аннотация.** В данной статье раскрыто явление синантропизации птиц в исторической ретроспективе — от первобытного человека *Homo erectus* до современного этапа развития человеческого общества. Выделены основные критерии и пути синантропизации птиц. Важна не только качественная оценка рассматриваемого явления и процесса, но и количественные показатели степени (уровня) синантропизации. Для этой цели использован разработанный авторами индекс, позволяющий вычислять степень синантропизации у различных внутривидовых группировок птиц. Показано, что выраженность антропоотолерантности птиц имеет определяющее значение для их успешной синантропизации (урбанизации) в условиях мегаполиса.

**Ключевые слова:** синантропизация (урбанизация) птиц, критерии и пути синантропизации, антропоотолерантность, ретроспектива синантропизации, мегаполис

UDC 598.2:574.2

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.5

Andrey Alexandrovich Rezanov<sup>1</sup>,  
Alexander Gennadievich Rezanov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Moscow City University

## Ways of synanthropization of birds in a metropolis

**Abstract.** This article reveals the phenomenon of synanthropization of birds in a historical retrospective — from the primitive human *Homo erectus* to the modern stage of development of human society. The main criteria and ways of synanthropization of birds are identified. It is important not only a qualitative assessment of the considered phenomenon and process, but also quantitative indicators of the degree (level) of synanthropization. For this purpose, the index developed by the authors was used, which allows calculating the degree of synanthropization in various intra-population groups of birds. It has been shown that the severity of anthropotolerant birds is of decisive importance for their successful synanthropization (urbanization) in a megalopolis.

**Keywords:** synanthropization (urbanization) of birds, criteria and ways of synanthropization, anthropotolerance, synanthropization retrospective, megalopolis

## Введение

Синантропизацию птиц можно рассматривать как явление и процесс их приспособления к сосуществованию с человеком и сопровождающими его антропогенными факторами, что выражается в той или иной трансформации окружающей среды, появлении новых стационарных (здания, сооружения и пр.) и мобильных (движущаяся техника и пр.) элементов. Наибольшая степень трансформации среды наблюдается в городах, где синантропизация птиц приобретает характер урбанизации. Урбанизация при этом рассматривается как частный случай синантропизации [2, 33], а не как некое самостоятельное, принципиально отличное от синантропизации явление. Проблеме урбанизации птиц посвящена обширная орнитологическая литература, охватывающая период от середины прошлого столетия (за точку отсчета мы берем программную работу Н. А. Гладкова) [4] до наших дней [2, 5–9, 33–37 и мн. др.]. Более развернутый список специальных работ по урбанизации птиц представлен в работе [34].

## Процесс синантропизации — от древности до наших дней

Вне всякого сомнения, синантропизация птиц уходит своими корнями в глубокую древность. Мы считаем, что есть основания полагать, что истоки синантропизации птиц (а следовательно, и начала расщепления экологических популяций на синантропные и дикие) следует искать на начальном этапе освоения первыми людьми пещер в качестве своих жилищ, а конкретно — с этапа выхода на историческую арену *Homo erectus* в период раннего палеолита порядка 2 млн лет назад.

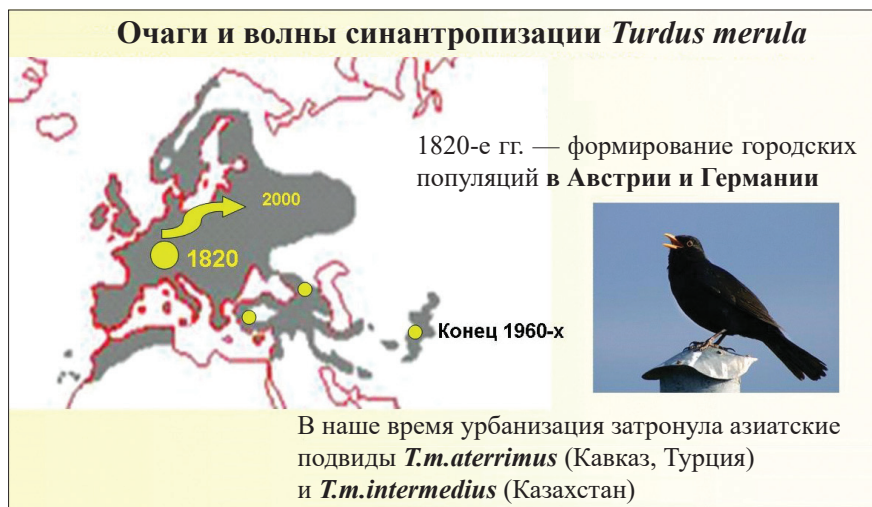
Таким образом, птицы, гнездящиеся в пещерах, где жили люди, и поблизости от них, становились первыми синантропами. Это могли быть черные стрижи *Apus apus*, ласточки *Delichon urbica* и *Hirundo rustica*, галки *Corvus monedula*, домовые воробьи *Passer domesticus*, сизые голуби *Columba livia*, белые трясогузки *Motacilla alba* и другие виды, преимущественно скального происхождения. Птицы, гнездящиеся в жилых пещерах, получали целый ряд преимуществ. Во-первых, пещерные синантропы получали защиту от своих потенциальных врагов (хищных млекопитающих и птиц). Во-вторых, насекомоядные виды птиц получали обильную кормовую базу в виде насекомых (например, таких как мухи *Sarcophagidae*), для которых пищевые отбросы и продукты жизнедеятельности первобытного человека являли благоприятную среду с точки зрения трофики и размножения.

Логично предположить, что после неолитической революции процесс синантропизации птиц продолжился уже в первых известных науке городских поселениях *Homo sapiens* начиная как минимум с 8–9 тыс. лет до н. э. Так, возраст древнейшего и ныне существующего города Иерихон составляет

11,6 тысяч лет. Поселение было основано в районе «плодородного полумесяца» в 9600 г. до н. э. (это первое упоминание о нем). Фактически уже с этого времени можно говорить о начале урбанизации птиц. В дальнейшем, согласно нашему предположению, центры синантропизации (урбанизации) птиц в целом совпадали с центрами возникновения древних цивилизаций [28]. По Н. А. Гладкову [4], пути проникновения птиц в город различны: во-первых, это «приведенные» виды (пришедшие в городской ландшафт синантропные группировки) и, во-вторых, «вобранные» (оказавшиеся в административных границах города при расширении его границ).

Что касается конкретных исторических свидетельств синантропизации, то их можно найти в «Истории животных», написанной Аристотелем уже в 4 веке до н. э., в которой он упоминает синантропных сизых голубей (*Columba livia f. domestica*) [1, с. 311] и ворон (предположительно, исходя из современного ареала *Corvus cornix*) [1, с. 363].

Современных же свидетельств возникновения и расширения ареала синантропных группировок птиц более чем достаточно. Стоит упомянуть очаги синантропизации европейского черного дрозда *Turdus merula merula* в 1820-х гг. в городах Австрии и Германии [38] и дальнейшее волновое расширение ареала синантропизации в рамках уже освоенного видом географического пространства [33] (рис. 1).



**Рис. 1.** Очаги и волны синантропизации черного дрозда *Turdus merula* [по 33]

Очаги синантропизации могут быть географически изолированными, как, например, высокогорные группировки альпийских галок *Pyrrhocorax graculus* [27, 33]. В Венесуэле на Гвианском нагорье существует недавно возникшая монтанная группировка рыжешейных зонотрихий *Zonotrichia capensis roraimae* [31]. Анализируя информацию из работ И. Ф. Бородихина и Г. Т. Муштафаева, можно полагать, что изолированные урбанизированные популяции

исконно горного вида — городской ласточки *Delichon urbica* в Алма-Ате (Казахстан) и Баку (Азербайджан) возникли независимо от других конспецифичных популяций [28, 33]. Произошло это в 1960-х гг. и связано со строительством в столицах республик высоких каменных зданий, которые воспринимались птицами как аналог скального ландшафта. Таким образом, в пределах видовых ареалов ласточки освоили новые местообитания и сформировали изолированные очаги урбанизированных популяций.

В других ситуациях может происходить расширение и даже слияние очагов путем культурной трансмиссии, как в хрестоматийном случае с английскими синицами. Возможен и волновой вариант расширения ареала синантропизации, как, например, у кольчатой горлицы *Streptopelia decaocto*, или прохождение волны синантропизации по сформированному ареалу, как в случае с черным дроздом [28].

## Критерии синантропизации

Таким образом, можно проследить процесс синантропизации птиц от глубокой древности до наших дней. Но остается вопрос о критериях (путях) синантропизации. На этот вопрос можно ответить, выделив основное условие, при котором происходит процесс синантропизации. Вернее, без чего он не может происходить. Это непереносимое условие — антропополютерантность птиц [11, 12], и она проявляется в различных формах. Вопрос о соотношении развития структур головного (конечного) мозга и степени синантропизации птиц неоднозначен [3] и требует дополнительных исследований, поскольку приоритет в этом направлении получают как птицы, обладающие высоким уровнем рассудочной деятельности (*Corvidae*), так и не очень, как, например, сизые голуби.

Нами были выделены три основных (базисных) критерия синантропизации: 1) гнездовой, 2) трофический и 3) топический. Именно они и были взяты за основу разработанного нами индекса синантропизации [12–15] и разбиты на условные категории с учетом возрастания степени антропополютерантности. Индекс синантропизации  $I_s$  рассчитывается по формуле:

$$I_s = \sum_r / \sum_{\max} \leq 1,$$

где  $\sum_r$  — общая сумма полученных баллов по критериям;  $\sum_{\max}$  — сумма максимально возможных (потенциальных) баллов.

Например, гнездовая антропополютерантность возрастает, начиная с категории птиц, которые гнездятся в нежилых постройках или сооружениях вне населенных пунктов, до птиц, которые размещают свои гнезда в жилых постройках или даже непосредственно в помещениях, где живут люди. При этом следует отметить, что антропополютерантность птиц, гнездящихся на естественном субстрате в населенных пунктах, будет выше, чем у птиц, гнездящихся на антропогенных субстратах вне населенных пунктов, поскольку

в контексте антропоотолерантности определяющим фактором является близость к человеку.

Начальным этапом трофической антропоотолерантности птиц можно считать их кормежку на антропогенно трансформированных субстратах вне населенных пунктов и вне присутствия людей. При этом определенную степень антропоотолерантности птицы демонстрируют и во время кормежки на сельскохозяйственных угодьях при ассоциации с движущейся землеобрабатывающей и уборочной техникой [17, 21, 25, 31], а также при ассоциации с домашними копытными животными [16, 18, 24, 26, 30, 31].

Высшим проявлением трофической антропоотолерантности является кормежка птиц при подкормке со стороны человека вплоть до прямого контакта с последним. Прежде всего, под такими контактами подразумевается кормежка птиц с человеческих рук, а также их нахождение на человеке (например, на плече, руке или других частях тела) в ожидании корма или в непосредственной близости от него (фото 1).



**Фото 1.** Самец зяблика *Fringilla coelebs* на территории музея-заповедника «Коломенское» (Москва) около студентов ИЕСТ МГПУ во время летней полевой практики. 16 июня 2022 г. Фото А. А. Резанова

Сюда же можно отнести и случаи клептопаразитизма птиц по отношению к человеку. Фактор подкормки наиболее актуален в зимний период, когда птицы испытывают нужду в дополнительных источниках корма, что особенно важно для водоплавающих птиц [19, 23] (см. фото 2), а также для ряда видов воробьинообразных *Passeriformes* [20, 22] (см. фото 3–5). Охотно реагируют на подкормку озерные чайки *Croicocephalus (Larus) ridibundus*, составляя компанию сизым голубям (см. фото 6, 7). В приморских городах чайки (например, тихоокеанские чайки *Larus schistisagus*) кормятся на дворовых помойках, нисколько не боясь присутствия человека [29] (см. фото 8). В 1986 г. в Мурманске один из авторов наблюдал на контейнерах дворовой помойки кормящихся морских чаек *Larus marinus*.



**Фото 2.** Птицы на подкормке у пристани «Коломенское». 12 марта 2021 г.

На фотографии: кряквы *Anas platyrhynchos*, огари *Tadorna ferruginea*, сизые голуби *Columba livia f. domestica*, галка *Corvus monedula*. Фото А. Г. Резанова



**Фото 3.** Большие синицы *Parus major* на кормушке. Московская обл., г. Королев, садовый участок. 23 октября 2019 г. Фото А. Г. Резанова



**Фото 4.** Полевой воробей *Passer montanus* на кормушке. Московская обл., г. Королев, садовый участок. 23 октября 2019 г. Фото А. Г. Резанов



**Фото 5.** Поползень *Sitta europaea* на кормушке. Московская обл., г. Королев, Садовый участок. 23 октября 2019 г. Фото А. Г. Резанова



**Фото 6.** Наземная подкормка: озерные чайки *Croicocephalus (Larus) ridibundus* и сизые голуби. Великий Новгород, 26 июня 2021 г. Фото авторов





**Фото 7.** Наземная подкормка: озерные чайки *Croicocephalus (Larus) ridibundus* и сизые голуби. Новгородская область, г. Валдай. 27 июня 2021 г. Фото авторов



**Фото 8.** Тихоокеанская чайка *Larus schistisagus* на контейнере с помойкой в присутствии человека. Магадан. 7 августа 2010 г. Фото А. Г. Резанова

Что касается топической антропоотолерантности, то она возрастает в направлении от отдыха птиц на объектах антропогенного происхождения вне населенных пунктов и присутствия людей до их отдыха на антропогенном субстрате в непосредственной близости от людей (см. фото 9).



**Фото 9.** Сизые голуби *Columba livia f. domestica* у станции метро «Коломенская» (Москва). 2 сентября 2021 г. Фото А. Г. Резанова

Наиболее антропотолерантными по всем критериям являются: домовый воробей, сизый голубь [9], врановые птицы *Corvidae* — серая ворона *Corvus cornix* [6], галка *C.monedula* [7], сорока *Pica pica* [8], большая синица *Parus major* [20, 22] и некоторые другие синантропные птицы, причем речь здесь идет не о видах в целом, а об определенных популяционных и внутривидовых группировках.

### Индекс синантропизации

Индекс синантропизации рассчитывается для конкретных популяций или внутривидовых группировок, а не для вида в целом, поскольку популяции, составляющие так называемые синантропные виды, отличаются различной степенью склонности к синантропизации или даже совсем не синантропизированы. У различных популяций, а также внутривидовых группировок индекс синантропизации показывает широкий разброс показателей (табл. 1). При этом максимально возможное значение индекса равно 1.

Таблица 1

**Индексы синантропизации ( $I_s$ ) у различных популяций и внутривидовых группировок птиц**

Популяции	Критерии, баллы			Сумма, баллы	$I_s$
	1	2	3		
<i>Ciconia ciconia</i> <sup>1)</sup>	0	9	15	24	0,44
<i>Ciconia ciconia</i> <sup>2)</sup>	6	9	15	30	0,56
<i>Ciconia ciconia</i> <sup>3)</sup>	9	9	15	33	0,61
<i>Ciconia ciconia</i> <sup>4)</sup>	12	9	15	36	0,67
<i>Ciconia ciconia</i> <sup>5)</sup>	15	9	15	39	0,72
<i>Columba livia</i> <sup>1)</sup>	0	3	3	6	0,11
<i>Columba livia</i> <sup>4)</sup>	12	18	18	48	0,89
<i>Columba livia</i> <sup>5)</sup>	15	18	18	51	0,94
<i>Apus apus</i> <sup>2)</sup>	6	0	3	9	0,17
<i>Apus apus</i> <sup>4)</sup>	12	9	12	33	0,61
<i>Apus apus</i> <sup>5)</sup>	15	9	12	36	0,67
<i>Hirundo rustica</i> <sup>2)</sup>	6	0	3	9	0,17
<i>Hirundo rustica</i> <sup>4)</sup>	12	9	12	33	0,61
<i>Hirundo rustica</i> <sup>5)</sup>	15	9	12	36	0,67
<i>Hirundo rustica</i> <sup>6)</sup>	18	9	12	39	0,72
<i>Delichon urbica</i> <sup>2)</sup>	6	0	3	9	0,17
<i>Delichon urbica</i> <sup>4)</sup>	12	9	12	33	0,61
<i>Delichon urbica</i> <sup>5)</sup>	15	9	12	36	0,67
<i>Motacilla alba</i> <sup>2)</sup>	6	6	3	15	0,27
<i>Motacilla alba</i> <sup>3)</sup>	9	12	18	39	0,72
<i>Motacilla alba</i> <sup>4)</sup>	12	12	18	42	0,77
<i>Motacilla alba</i> <sup>5)</sup>	15	12	18	45	0,83

Популяции	Критерии, баллы			Сумма, баллы	$I_s$
	1	2	3		
<i>Sturnus vulgaris</i> <sup>2)</sup>	6	6	3	15	0,28
<i>Sturnus vulgaris</i> <sup>3)</sup>	9	9	18	36	0,67
<i>Sturnus vulgaris</i> <sup>4)</sup>	12	9	18	39	0,72
<i>Corvus monedula</i> <sup>2)</sup>	6	6	3	15	0,28
<i>Corvus monedula</i> <sup>3)</sup>	9	18	18	45	0,83
<i>Corvus monedula</i> <sup>4)</sup>	12	18	18	48	0,89
<i>Corvus monedula</i> <sup>5)</sup>	15	18	18	51	0,94
<i>Corvus cornix</i> <sup>2)</sup>	5	6	3	14	0,26
<i>Corvus cornix</i> <sup>3)</sup>	9	17	18	44	0,81
<i>Corvus cornix</i> <sup>4)</sup>	11	17	18	46	0,85
<i>Parus major</i> <sup>2)</sup>	6	3	3	12	0,22
<i>Parus major</i> <sup>3)</sup>	9	18	18	45	0,83
<i>Parus major</i> <sup>4)</sup>	12	18	18	48	0,89
<i>Parus major</i> <sup>5)</sup>	15	18	18	51	0,94
<i>Passer domesticus</i> <sup>2)</sup>	6	6	3	15	0,28
<i>Passer domesticus</i> <sup>3)</sup>	9	18	18	45	0,83
<i>Passer domesticus</i> <sup>4)</sup>	12	18	18	48	0,89
<i>Passer domesticus</i> <sup>5)</sup>	15	18	18	51	0,94

Примечание:

- 1) — птицы, гнездящиеся на естественном субстрате вне населенных пунктов;
- 2) — птицы, гнездящиеся на нежилых постройках или сооружениях вне населенных пунктов;
- 3) — птицы, гнездящиеся на естественном субстрате в населенных пунктах;
- 4) — птицы, гнездящиеся на нежилых постройках или сооружениях в населенных пунктах;
- 5) — птицы, гнездящиеся на крыше или в нишах жилых построек;
- 6) — птицы, гнездящиеся в жилых помещениях.

Так, например, стрижи *Apus apus*, *A. melba* и ласточки *Delichon urbica*, *Hirundo rustica*, гнездящиеся на нежилых постройках или сооружениях вне населенных пунктов, имеют индекс синантропизации 0,17, в то время как у птиц, гнездящихся в нишах жилых построек или в жилых помещениях, этот индекс достигает 0,72. В то же время серые вороны, гнездящиеся на нежилых постройках или сооружениях в населенных пунктах, будут иметь индекс 0,85, который заметно выше, чем у перечисленных ранее видов. Происходит это за счет выраженности трофического критерия, поскольку ни стрижи, ни ласточки не используют корма антропогенного происхождения. С другой стороны, серая ворона не достигает максимальных показателей индекса синантропизации, поскольку у нее не наблюдается гнездования на жилых зданиях, кроме исключительных случаев [6], и тем более в помещениях, где присутствуют люди, как это встречается у тех же деревенских ласточек. Что же касается урбанизированных популяций сизого голубя, галки, домового воробья и большой синицы, то их индекс достигает одного из максимальных значений 0,94 за счет высоких показателей по всем выделенным критериям синантропизации.

## Заключение

Процесс синантропизации (и урбанизации, в частности) рассматривается как длительный пульсирующий исторический процесс формирования устойчивых связей животных (и конкретно птиц) с человеком и антропогенно трансформированной средой. Рассмотрен очаговый и волновой характер синантропизации. Возникающие очаги синантропизации могут существовать как изолированно, так и расширять свой ареал за счет культурной трансмиссии. Этот процесс имел место в доисторическом прошлом, происходит он и в настоящее время. Определяющее значение для успешной синантропизации птиц в условиях мегаполиса имеет степень их толерантности к человеку. На основе антропотолерантности выделены гнездовой, трофический и топический критерии, которые также рассматриваются в качестве основных путей синантропизации птиц. По характеру выраженности того или иного критерия мы можем судить на каком этапе пути синантропизации находятся представители различных синантропных популяций птиц. Для эффективного внедрения в мегаполисы и поддержания на стабильном уровне популяций птиц необходимо сохранять или даже создавать места для их гнездования, отдыха, а также обеспечивать стабильную подкормку для тех птиц, которые в ней нуждаются, особенно в зимний период.

## Список источников

1. Аристотель. История животных. М.: РГГУ, 1996. 528 с.
2. Божко С. И. К характеристике процесса урбанизации птиц // Вестник ЛГУ. 1971. № 9. С. 5–14.
3. Воронов Л. Н. Эволюция поведения и головного мозга птиц. Чебоксары: Изд-во Чувашского гос. пед. ун-та, 2004. 210 с.
4. Гладков Н. А. Некоторые вопросы зоогеографии культурного ландшафта (на примере фауны птиц) // Уч. Записки МГУ. № 197. Орнитология. М.: 1958. С. 17–34.
5. Константинов В. М. Закономерности формирования авифауны урбанизированных ландшафтов // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков. Казань: 2001. С. 449–461.
6. Константинов В. М. Серая ворона (*Corvus cornix* L.) в антропогенных ландшафтах Палеарктики (проблемы синантропизации и урбанизации) / В. М. Константинов, В. А. Пономарев, Л. Н. Воронов и др. М.: 2007. 368 с.
7. Пономарёв В. А. Галка (*Corvus monedula* L.) в антропогенных ландшафтах Палеарктики / В. А. Пономарёв, В. М. Константинов, Л. В. Маловичко и др. М. – Иваново: Знак, 2015. 294 с.
8. Пономарёв В. А. Сорока (*Pica pica* L.) в естественных и антропогенных ландшафтах Палеарктики / В. А. Пономарёв, О. А. Брезгунова, Е. И. Зиновьева и др. М. – Иваново: МПГУ, 2018. 295 с.
9. Рахимов И. И., Рахимов М. И. Урбанизация птиц в условиях городов и городских поселений Татарстана // Инновационные подходы к естественно-научным исследованиям и образованию. Казань, 2009. С. 379–382.

10. Резанов А. А. Использование присад естественного и антропогенного происхождения различными цветовыми морфами московского сизого голубя (*Columba livia f. domestica*) // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2008. № 2 (24). С. 66–70.
11. Резанов А. А. Антропотолерантность птиц как один из критериев их синантропизации // Биология для школьников. 2009. № 1. С. 31–41.
12. Резанов А. А. Усовершенствованная методика оценки непосредственной антропотолерантности птиц // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2018. № 2 (30). С. 23–39.
13. Резанов А. А., Резанов А. Г. Синантропизация птиц как популяционное явление: классификации, индекс синантропизации и критерии его оценки // Труды Мензбирова орнитол. общества. Т. 1. Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников). 2011. С. 55–69.
14. Резанов А. А., Резанов А. Г. Индекс оценки степени синантропизации у птиц на основе их антропотолерантности: эколого-поведенческое обоснование // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2014. № 1 (13). С. 16–22.
15. Резанов А. А., Резанов А. Г. Использование усовершенствованного индекса синантропизации для оценки степени урбанизации популяций птиц // Процессы урбанизации и синантропизации птиц. Республика Крым. М.: У Никитских ворот, 2021. С. 245–249.
16. Резанов А. Г. О кормовых ассоциациях белых аистов *Ciconia ciconia* с коровами в Белоруссии // Рус. орнитол. журн. 1997. Т. 6. № 22. С. 17–19.
17. Резанов А. Г. Историко-географический анализ «следования за плугом» у птиц // Рус. орнитол. журн. 2008. Т. 17. № 410. С. 499–513.
18. Резанов А. Г. Кормовые ассоциации некоторых палеарктических ласточек *Hirundinidae* с пасущимися животными и транспортными средствами // Рус. орнитол. журн. 2010. Т. 19. № 551. С. 287–292.
19. Резанов А. Г. Зимовка кряквы *Anas platyrhynchos* на Москве-реке в музее-заповеднике Коломенское в период с 1984 по 2015 годы // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». № 4 (20). М.: МГПУ, 2015. С. 50–66.
20. Резанов А. Г. Влияние факторов окружающей среды на активность и пространственное распределение большой синицы *Parus major* и других видов птиц в местах подкормки / А. Г. Резанов, А. В. Ивановская, А. А. Резанов // Рус. орнитол. журн. 2020. Т. 29. № 1939. С. 2831–2839.
21. Резанов А. Г. Пастбищные кормовые ассоциации европейского белого аиста *Ciconia ciconia ciconia* с травоядными млекопитающими и сельскохозяйственной техникой: историко-географический аспект / А. Г. Резанов, Л. В. Маловичко, А. А. Резанов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: «Биология и экология». 2021. № 3 (63). С. 39–52.
22. Резанов А. Г., Резанов А. А. Пространственные аспекты зимнего кормового поведения большой синицы *Parus major* // Рус. орнитол. журн. 2000. Т. 9. № 125. С. 9–22.
23. Резанов А. Г., Резанов А. А. О зимовке водоплавающих и околоводных птиц в Коломенском (Москва) в 2001–2004 годах // Рус. орнитол. журн. 2004. Т. 13 (250). С. 46–48.
24. Резанов А. Г., Резанов А. А. Орнитологические наблюдения на острове Шри-Ланка в августе 2005 года // Рус. орнитол. журн. 2006. Т. 15. № 329. С. 811–824.

25. Резанов А. Г., Резанов А. А. Кормовые ассоциации аистообразных *Ciconiiformes* с крупными травоядными млекопитающими, землеобрабатывающей и уборочной техникой // Бранта. 2007. Вып. 10. С. 167–175.
26. Резанов А. Г., Резанов А. А. Кормовые ассоциации скворца *Sturnus vulgaris* с пасущимися копытными // Рус. орнитол. журн. 2009. Т. 18. № 458. С. 76–82.
27. Резанов А. Г., Резанов А. А. О синантропизации альпийской галки *Pyrhocorax graculus* // Рус. орнитол. журн. 2009. Т. 18. № 491. С. 1026–1029.
28. Резанов А. Г., Резанов А. А. Географическая классификация и центры происхождения синантропных популяций у птиц // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2010. № 1 (5). С. 39–53.
29. Резанов А. Г., Резанов А. А. О трофической синантропизации тихоокеанской чайки *Larus schistisagus* в Магадане и Оле // Рус. орнитол. журн. 2012. Т. 21. № 818. С. 2905–2912.
30. Резанов А. Г., Резанов А. А. О кормовой ассоциации египетской цапли *Bubulcus ibis* с домашними копытными животными на пастбищных лугах Лос-Льянос в Венесуэле // Рус. орнитол. журн. 2013. Т. 22. № 886. С. 1509–1512.
31. Резанов А. Г., Резанов А. А. Пастбищные кормовые ассоциации египетской цапли *Bubulcus ibis*: эколого-географический и исторический анализ // Вестник МГПУ. Естественные науки. 2018. № 1(29): 8–25.
32. Резанов А. Г., Резанов А. А. Возникновение изолированных очагов трофической синантропизации птиц в Гран Сабане и на плато Рораймы (Венесуэла) // Рус. орнитол. журн. 2022. Т. 31. № 2252. С. 5190–5198.
33. Резанов А. Г., Резанов А. А. Пульсирующая синантропизация и урбанизация популяций птиц // Процессы урбанизации и синантропизации птиц. Республика Крым. М.: У Никитских ворот: 2021. С. 249–257.
34. Резанов А. Г. Урбанизация птиц. Методы исследования / А. Г. Резанов, А. А. Резанов, Н. Ю. Захарова. М.: МГПУ, 2022. 136 с.
35. Храбрый В. М. Птицы городов России. СПб.; М.: КМК, 2012. 513 с.
36. Cristaldi M. A. Urbanization impacts on the trophic guild composition of bird communities / M. A. Cristaldi, A. R. Giraudo, V. Arzamendia et al. // J. Nat. Hist. 2017. Vol. 51. P. 2385–2404.
37. Hensley C. B. Effects of Urbanization on Native Bird Species in Three Southwestern US Cities / C. B. Hensley, C. H. Trisos, P. S. Warren et al. // Front. Ecol. Evol. 2019. Vol. 7. P. 71.
38. Stephan B. Die Amsel: *Turdus merula*. Berlin: Die NeueBrehm-Bücherei: Hohenwarsleben: Westarp-Wiss. Bd. 1999. № 95. 258 p.

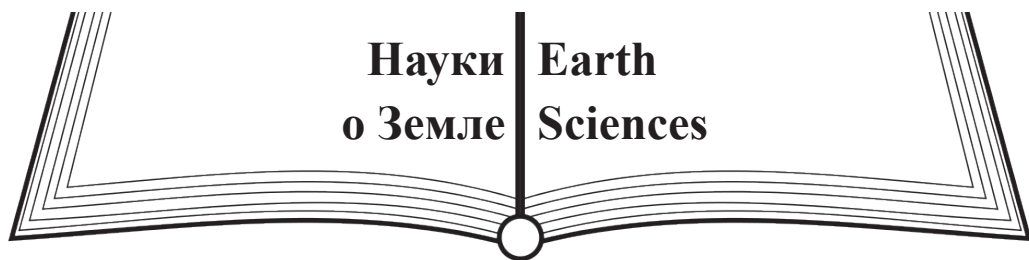
## References

1. Aristotel'. Istorija zhivotnyh. M.: RGGU, 1996. 528 s.
2. Bozhko S. I. K karakteristike processa urbanizacii ptic // Vestnik LGU. 1971. № 9. S. 5–14.
3. Voronov L. N. Jevoljucija povedenija i golovnogogo mozga ptic. Cheboksary: Izd-vo Chuvashskogo gos. ped. un-ta, 2004. 210 s.
4. Gladkov N. A. Nekotorye voprosy zoogeografii kul'turnogo landshafta (na primere fauny ptic) // Uch. Zapiski MGU № 197, Ornitologija. M., 1958. S. 17–34.
5. Konstantinov V. M. Zakonomernosti formirovanija avifauny urbanizirovannyh landshaftov // Dostizhenija i problemy ornitologii Severnoj Evrazii na rubezhe vekov. Kazan': 2001. S. 449–461.

6. Konstantinov V. M. Seraja vorona (*Corvus cornix* L.) v antropogennyh landshaftah Palearktiki (problemy sinantropizacii i urbanizacii) / V. M. Konstantinov, V. A. Ponomarev, L. N. Voronov i dr. M., 2007. 368 s.
7. Ponomarjov V. A. Galka (*Corvus monedula* L.) v antropogennyh landshaftah Palearktiki / V. A. Ponomarjov, V. M. Konstantinov, L. V. Malovichko i dr. M.-Ivanovo: Znak, 2015. 294 s.
8. Ponomarjov V. A. Soroka (*Pica pica* L.) v estestvennyh i antropogennyh landshaftah Palearktiki / V. A. Ponomarjov, O. A. Brezgunova, E. I. Zinov'eva i dr. M.-Ivanovo: MPGU, 2018. 295 s.
9. Rahimov I. I., Rahimov M. I. Urbanizacija ptic v uslovijah gorodov i gorodskih poselenij Tatarstana // Innovacionnye podhody k estestvenno-nauchnym issledovanijam i obrazovaniju. Kazan', 2009. S. 379–382.
10. Rezanov A. A. Ispol'zovanie prisad estestvennogo i antropogennogo proishozhdenija razlichnymi cvetovymi morfami moskovskogo sizogo golubja (*Columba livia f. domestica*) // Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki». 2008. № 2 (24). S. 66–70.
11. Rezanov A. A. Antropotolerantnost' ptic kak odin iz kriteriev ih sinantropizacii // Biologija dlja shkol'nikov. 2009. № 1. S. 31–41.
12. Rezanov A. A. Uovershenstvovannaja metodika ocenki neposredstvennoj antropotolerantnosti ptic // Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki». 2018. № 2 (30). S. 23–39.
13. Rezanov A. A., Rezanov A. G. Sinantropizacija ptic kak populjacionnoe javlenie: klassifikacii, indeks sinantropizacii i kriterii ego ocenki // Trudy Menzbirovskogo ornitol. obshhestva. T. 1. Mahachkala: ALEF (IP Ovchinnikov). 2011. S. 55–69.
14. Rezanov A. A., Rezanov A. G. Indeks ocenki stepeni sinantropizacii u ptic na osnove ih antropotolerantnosti: jekologo-povedencheskoe obosnovanie // Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki». 2014. № 1 (13). S. 16–22.
15. Rezanov A. A., Rezanov A. G. Ispol'zovanie usovershenstvovannogo indeksa sinantropizacii dlja ocenki stepeni urbanizacii populjacij ptic // Processy urbanizacii i sinantropizacii ptic. Respublika Krym. M.: U Nikitskih vorot, 2021. S. 245–249.
16. Rezanov A. G. O kormovyh asociacijah belyh aistov *Ciconia ciconia* s korovami v Belorussii // Rus. ornitol. zhurn. 1997. T. 6. № 22. S. 17–19.
17. Rezanov A. G. Istoriko-geograficheskij analiz «sledovanija za plugom» u ptic // Rus. ornitol. zhurn. 2008. T. 17. № 410. S. 499–513.
18. Rezanov A. G. Kormovye asociacii nekotoryh palearkticheskikh lastochek *Hirundinidae* s pasushhimisja zhivotnymi i transportnymi sredstvami // Rus. ornitol. zhurn. 2010. T. 19. № 551. S. 287–292.
19. Rezanov A. G. Zimovka krjakvy *Anas platyrhynchos* na Moskve-reke v muzeezapovednike Kolomenskoe v period s 1984 po 2015 gody // Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki». № 4 (20). M.: MGPU, 2015. S. 50–66.
20. Rezanov A. G. Vlijanie faktorov okružhajushhej sredy na aktivnost' i prostranstvennoe raspredelenie bol'shoj sinicy *Parus major* i drugih vidov ptic v mestah podkormki / A. G. Rezanov, A. V. Ivanovskaja, A. A. Rezanov // Rus. ornitol. zhurn. 2020. T. 29. № 1939. S. 2831–2839.
21. Rezanov A. G. Pastbishhnye kormovye asociacii evropejskogo belogo aista *Siconia ciconia ciconia* s travojadnymi mlekopitajushhimi i sel'skohozjajstvennoj tehnikoj: istoriko-geograficheskij aspekt / A. G. Rezanov, L. V. Malovichko, A. A. Rezanov // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: «Biologija i jekologija». 2021. № 3 (63). S. 39–52.



22. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Prostranstvennye aspekty zimnego kormovogo povedenija bol'shoj sinicy *Parus major* // Rus. ornitol. zhurn. 2000. T. 9. № 125. S. 9–22.
23. Rezanov A. G., Rezanov A. A. O zimovke vodoplavajushhij i okolovodnyh ptic v Kolomenskom (Moskva) v 2001–2004 godah // Rus. ornitol. zhurn. 2004. T. 13 (250). S. 46–48.
24. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Ornitologicheskie nabljudenija na ostrove Shri Lanka v avguste 2005 goda // Rus. ornitol. zhurn. 2006. T. 15. № 329. S. 811–824.
25. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Kormovye associacii aistoobraznyh *Ciconiiformes* s krupnymi travojadnymi mlekopitajushhimi, zemleobrabatyvajushhej i uborochnoj tehnikoj // Branta. 2007. Vyp. 10. S. 167–175.
26. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Kormovye associacii skvorca *Sturnus vulgaris* s pasushhimisja kopytnymi // Rus. ornitol. zhurn. 2009. T. 18. № 458. S. 76–82.
27. Rezanov A. G., Rezanov A. A. O sinantropizacii al'pijskoj galki *Pyrrhocorax graculus* // Rus. ornitol. zhurn. 2009. T. 18. № 491. S. 1026–1029.
28. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Geograficheskaja klassifikacija i centry proishozhdenija sinantropnyh populjacij u ptic // Vestnik MGPU. Serija «Estestvennye nauki». 2010. № 1 (5). S. 39–53.
29. Rezanov A. G., Rezanov A. A. O troficheskoj sinantropizacii tihookeanskoj čajki *Larus schistisagus* v Magadane i Ole // Rus. ornitol. zhurn. 2012. T. 21. № 818. S. 2905–2912.
30. Rezanov A. G., Rezanov A. A. O kormovoj associacii egipetskoj capli *Bubulcus ibis* s domashnimi kopytnymi zhivotnymi na pastbishhnyh lugah Los-L'janos v Venesujele // Rus. ornitol. zhurn. 2013. T. 22. № 886. S. 1509–1512.
31. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Pastbishhnye kormovye associacii egipetskoj capli *Bubulcus ibis*: jekologo-geograficheskij i istoricheskij analiz // Vestnik MGPU. Estestvennye nauki. 2018. № 1(29): 8–25.
32. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Vozniknovenie izolirovannyh ochagov troficheskoj sinantropizacii ptic v Gran Sabane i na plato Rorajmy (Venesujela) // Rus. ornitol. zhurn. 2022. T. 31. № 2252. S. 5190–5198.
33. Rezanov A. G., Rezanov A. A. Pul'sirujushhaja sinantropizacija i urbanizacija populjacij ptic // Processy urbanizacii i sinantropizacii ptic. Respublika Krym. M.: U Nikitskih vorot: 2021. S. 249–257.
34. Rezanov A. G. Urbanizacija ptic. Metody issledovanija / A. G. Rezanov, A. A. Rezanov, N. Ju. Zaharova. M.: MGPU, 2022. 136 s.
35. Hrabryj V. M. Pticy gorodov Rossii. SPb.; M.: KMK, 2012. 513 s.
36. Cristaldi M. A. Urbanization impacts on the trophic guild composition of bird communities / M. A. Cristaldi, A. R. Giraudo, V. Arzamendia et al. // J. Nat. Hist. 2017. Vol. 51. P. 2385–2404.
37. Hensley C. B. Effects of Urbanization on Native Bird Species in Three Southwestern US Cities / C. B. Hensley, C. H. Trisos, P. S. Warren et al. // Front. Ecol. Evol. 2019. Vol. 7. p. 71.
38. Stephan B. Die Amsel: *Turdus merula*. Berlin: Die NeueBrehm-Bücherei: Hohenwarsleben: Westarp-Wiss. Bd. 1999. № 95. 258 p.



УДК 912.4, 913, 908

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.6

**Ольга Ивановна Маркова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

## **Атласная информационная система для сохранения природного наследия в мегаполисе**

**Аннотация.** Особо охраняемые природные территории Москвы (а также особо охраняемые зеленые территории в новой части столицы) нуждаются в полном и современном информационном обеспечении, отражающем требуемую информацию наилучшим образом и облегчающем принятие управленческих решений. Рассматриваются возможности и перспективы создания атласной информационной системы (АИС) для сохранения природного наследия в мегаполисе (на примере Москвы) как нового вида синтезированных систем с геоинформационными технологиями, картами и мультимедиа. В таких системах возможно приближенное к реальности отражение образа территории. Большое значение имеет структура АИС с удобным поиском требуемой информации. Она должна содержать необходимые разделы об ООПТ в целом, охраняемых видах биоты и сообществах живых организмов, природных комплексах, культурных ландшафтах и их динамике, преобразовании и переустройстве ООПТ. Важен показ динамики природной среды и культурного ландшафта города, где незапечатанных территорий становится все меньше, уничтожаются ценные природные объекты, исчезают редкие растения и животные, ландшафтное благоустройство превращается в коренное переустройство. В АИС возможна всесторонняя оценка и прогноз изменений объектов природного наследия.

**Ключевые слова:** атласная информационная система, геоинформационные технологии, природное наследие, мегаполис, особо охраняемая природная территория, динамика природной среды, образ территории, карты, аэрокосмическая информация, мультимедиа

UDC 912.4, 913, 908

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.6

**Olga Ivanovna Markova**<sup>1</sup><sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

## Atlas information systems to preserve the natural heritage in the metropolis

**Abstract.** Specially protected natural areas of Moscow (as well as specially protected green areas in the new part of the capital) need complete and modern information support that reflects the required information in the best way and facilitates management decisions. The possibilities and prospects of creating an atlas information system (AIS) for the conservation of natural heritage in a metropolis (on the example of Moscow) as a new type of synthesized systems with geoinformation technologies, maps and multimedia are considered. In such systems, it is possible to reflect the image of the territory near to reality. The structure of the AIS with a convenient search for the required information is of great importance. It should contain the necessary sections on protected areas in general, protected species of biota and communities of living organisms, natural complexes, cultural landscapes and their dynamics, transformation and reconstruction of protected areas. It is important to show the dynamics of the natural environment and the cultural landscape of the city, where there are fewer and fewer unsealed territories, valuable natural objects are being destroyed, rare plants and animals are disappearing, landscape improvement is turning into a radical reorganization. In the AIS, a comprehensive assessment and forecast of changes in natural heritage objects is possible.

**Keywords:** atlas information system, geoinformation technologies, natural heritage, metropolis, specially protected natural area, dynamics of the natural environment, image of the territory, maps, aerospace information, multimedia

### Введение

Стремительная жизнедеятельность Москвы приводит ко все большему сокращению и запечатыванию природных территорий. В то же время в мегаполисе существуют территории природного наследия различного уровня: национальный парк, природно-исторические парки, заповедные участки в парках, природные заказники, памятники природы, дендрологические парки, ботанические сады, экологические парки, городские леса, водоохранные зоны; предусмотрены также иные категории ООПТ [5]. Структура этих ООПТ может быть достаточно сложной, то есть в состав природно-исторического парка могут входить такие же парки более низкого масштабного уровня, памятники природы и ландшафтные заказники. Например, природный заказник «Крылатские Холмы» является составной частью природно-исторического парка «Москворецкий», а расположенные на его территории памятники природы (березняк с черникой и брусникой, остепненный

луговой склон, Татаровский овраг, местообитание редких видов насекомых) являются перспективными заповедными участками [6].

Особо охраняемые природные территории, находясь внутри города, не избавлены от антропогенного прессинга, связанного как с прямым и косвенным воздействием города (выбросы предприятий и транспорта, рекреационная перегрузка), так и с неправильным благоустройством.

Для Новой Москвы принят термин «особо охраняемые зеленые территории» (ООЗТ) как разновидность статуса особо охраняемых территорий бывших лесов для выполнения средозащитных, климаторегулирующих, санитарно-гигиенических и рекреационных функций с положительным влиянием на экологическую обстановку и обеспечением благоприятных условий отдыха [5].

Особо охраняемые природные территории (а также ООЗТ) нуждаются в полном и современном информационном обеспечении, отражающем требуемую информацию наилучшим образом и облегчающем принятие управленческих решений. Таковым обеспечением могут явиться атласные информационные системы (АИС), понимаемые как системы синтеза геоинформационных технологий, картографии и мультимедиа, связанные с конкретной территорией или темой в сочетании с повествовательной частью, где доминирующую роль играют карты [18].

Ошутимым преимуществом атласных информационных систем является синтез различных видов информации, которая может создавать образ отображаемого явления наиболее реалистично.

Практика создания АИС пока не очень распространена, однако известен опыт разработки ряда систем в основном в области социально-экономической географии, в частности устойчивого развития [1, 12, 14, 16, 17].

Некоторые специализированные геоинформационные системы и электронные атласы, решающие задачи охраны природы, не называются разработчиками атласными информационными системами, но близки к ним по концепции. Например, это веб-ГИС заповедников «Таймырский», «Кроноцкий», «Белогорье» [4, 14, 18], геоинформационная модель экогеологического городского парка Тюмени [2].

Современные тенденции развития города со все бóльшим захватом территорий под дорожное, капитальное, в том числе высотное строительство представляют особо актуальной задачей создание атласной информационной системы для сохранения природного наследия в Москве. АИС должна обладать расширенной базой данных, возможностями постоянного дополнения, моделирования и оценки состояния природных объектов, многие из которых имеют федеральную и международную ценность.

## Материалы и методы исследования

Цель настоящего исследования состоит в определении путей проектирования АИС для сохранения природного наследия Москвы как главного мегаполиса России. Методика подобной работы основана на создании базы данных и использовании геоинформационных технологий для решения конкретных задач.

### Виды информации в АИС

В атласных информационных системах содержатся и используются различные виды информации, организованные определенным образом. Основной информацией в атласных информационных системах, как и в традиционных атласах, является карта как образно-знаковая модель действительности.

Особое преимущество геоинформационных технологий состоит в том, что явления, отображаемые на картах, имеют координатную привязку и связаны между собой, а любая созданная карта изначально разномасштабна; в то же время изобразительные средства ГИС примитивны и далеки от возможностей графических программ. Не определены также возможности смены классификаций на разных масштабах. В атласных информационных системах, впрочем, могут использоваться также и карты традиционного оформления. Помимо карт в традиционных проекциях применяются изображения в неевклидовой метрике: картоиды, «мысленные» изображения и анаморфозы линейные, площадные и объемные, возможно анимированные [8].

Важная графическая информация, используемая и генерируемая в АИС — трехмерные виртуальные модели местности, позволяющие видеть отображаемые явления наиболее реалистично, и обладающие эффектом присутствия на местности (ГИС-, БПЛА- и ДДЗ-ориентированные модели) [10]. Для создания этих моделей, а также ряда традиционных карт используются, но могут быть и информацией самостоятельного вида, космические и аэроснимки (с самолетов, вертолетов и беспилотных летательных аппаратов). Следует отметить, что в Москве в пределах внутренней границы МКАД полеты всех воздушных судов, в том числе беспилотных, запрещены в целях безопасности. Разрешение может быть выдано в исключительных случаях. На полеты над Москвой за пределами МКАД также нужно почти во всех случаях получать разрешение.

Наземная фотография имеет преимущества реалистичного показа объекта в определенный момент времени. К другой графической информации относятся рисунки, живописные полотна (отражающие объект с особым взглядом художника), в том числе созданные цифровым способом с использованием графических планшетов. Применяются также изображения геоинфографики,

отличающиеся схематичностью, условностью и эстетичностью (статичной, интерактивной, анимированной или видео) [3].

### Мультимедийная атласная информационная система

В атласных информационных системах активно могут и должны применяться средства мультимедиа, дающие информацию, воспринимаемую различными органами чувств (к вышеуказанным видам добавляется текст, звук, запахи, осязание и пр.), которую невозможно отобразить графическими способами. АИС могут содержать также *модели дополненной реальности*, являющиеся результатом введения в зрительное поле любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и изменения восприятия окружающей среды [8].

Мультимедийная атласная информационная система (МАИС), включающая в себя большое количество некартографических данных, представляет собой систематизированный целевой набор пространственных данных в электронном виде с поддержкой принятия решений, ориентированной на пользователя. Из картографических функций МАИС отмечаются управление картой (слоями, категориями легенды, отображениями, проекциями), выделение отметок, маркирование и анализ данных (изменение классификаций, параметров состояния (освещение, яркость), сравнение карт, отбор данных) [18, 19].

Мультимедиа представляют собой системы современных аппаратных и программных средств, позволяющие работать в интерактивном режиме с разными формами информации в едином комплексе. Таким образом они, реализуя принцип наглядности, являются обязательной составляющей информатизации образования [11].

С развитием веб-технологий стало актуальным понятие *медиаконтента* (мультимедийного способа передачи информации). Атласные информационные системы постепенно будут более доступны для широкой аудитории, подобно СМИ [8].

**Сбор материала** — необходимый трудоемкий этап разработки атласной информационной системы. Источником информации для АИС природного наследия Москвы может быть серия научных публикаций, материалов конференций, ведомственных материалов (Департамент природопользования и охраны окружающей среды Москвы и его подведомственные организации: государственные природоохранные бюджетные учреждения «Мосприрода», «Мосэкомониторинг», «Государственный природоохранный центр» и другие организации). В сети Интернет находится достаточно большое количество информации (в основном научно-популярной или популярного характера) о состоянии объектов природного наследия, существуют сайты, посвященные отдельным ООПТ или объектам охраны. Большое значение могут иметь также

инициативные группы защиты парков или других природоохранных объектов, которые активно обмениваются информацией внутри групп и между группами. Для создания АИС по природоохранной тематике ценен материал Красных книг Москвы, который при сравнении с Красными книгами Московской области и России весьма показательно говорит о «наступлении города» на редкие виды растений и животных [7]. При разработке мультимедийной АИС важно иметь возможность создания или получения авторских материалов, что повышает ценность системы.

Атласная информационная система мегаполиса должна обладать свойствами *мультимасштабности* и *многоуровневости*. В таком случае она будет доступна для принятия решений на разных уровнях управления. Для проектирования системы на разных масштабах необходимо иметь серию геопривязанных основ.

По *функциональным возможностям* атласные информационные системы представляют собой высший класс электронных атласов; они применяются для поддержки принятия решений, разработки сценариев развития территорий. У АИС развиты моделирующие функции, они могут быть полномасштабными мультимедийными конструкциями, интегрировать экспертные системы, визуализировать геопространственные данные, проводить разнообразный анализ вплоть до разработки вариантов развития комплексных систем «природа – общество – хозяйство». АИС реализуют принципы *когнитивности* (сюжеты разного масштабного уровня соединяются ассоциативными связями, куда входят мультимасштабность и мультигенерализованность), *блочности* (тематические блоки можно дополнять или видоизменять, не меняя структуры системы), *эволюционности* (возможность ретроспективного анализа, изучения динамики и тенденций изменения), *многовариантности* (экспертная система предлагает ряд сценариев развития), *интеллектуальности* (возможность комплексного многоаспектного моделирования в зависимости от групп факторов с применением систем искусственного интеллекта, нейронных сетей и алгоритмов решения нечетких задач), *мультимедийности* (взаимоувязанный набор пространственных и мультимедийных данных облегчает восприятие и принятие решений) [12, 16].

## Результаты исследования

### Применение АИС для охраны природного наследия в мегаполисе

Атласные информационные системы, являясь мощным средством хранения и обработки разнообразной информации, могут эффективно применяться для охраны природного наследия именно в мегаполисах, так как для них имеется огромное количество разнообразной, разномасштабной и разновременной

информации. Большое значение имеет структура АИС с удобным поиском требуемой информации.

При неуклонно растущем населении, расширении территории, развитии транспорта, увеличении высотных строений и сокращении незапечатанных площадей в Москве постоянно и быстро сокращаются природные территории. Формально же суммарная площадь ООПТ города растет: например, в 2020 г. она была увеличена с 17 до 19 тыс. га. На территориях московских ООПТ и в ближайшем их окружении постоянно происходят процессы, негативно влияющие на состояние природной среды: нарушения рельефа, гидросети, почв, растительности, замусоренность территории, загрязнение и иссыкание родников, весенние палы травы, из-за которых гибнет луговая флора и фауна, зарастание лугов, превышение рекреационной емкости, строительство высотных жилищных комплексов, коттеджных поселков и транспортных трасс, неправильное благоустройство парков и провальные экологические проекты [6]. Последние уголки естественной растительности, лесов со старовозрастными деревьями, укромными местообитаниями животных превращаются в демонстративные техноэкопарки с ресторанами, крупными спортплощадками, густой сетью дорог, удобных для велосипедистов, роллеров и самокатчиков, резким и плотно расположенным цветным освещением. Подобные сооружения пересекают природные ландшафты, пугают животных, лишают их естественной среды обитания (в наибольшей степени это относится к редким видам). Естественная растительность заменяется газонами (в худшем случае — ковровыми), требующими постоянной стрижки шумными триммерами. Высаживаемые растения, привезенные из питомников, весьма часто не приживаются из-за отсутствия надлежащего ухода.

В АИС важен показ динамики природной среды и культурного ландшафта города, где уничтожаются ценные природные объекты, исчезают редкие растения и животные, ландшафтное благоустройство превращается в коренное переустройство. В системе возможна всесторонняя и разномасштабная оценка и прогноз изменений объектов природного наследия. Наряду с АИС особо охраняемых природных территорий всего города возможно создание АИС отдельно для любой из ООПТ для освещения и решения наиболее важных проблем сохранения уязвимого природного наследия.

### Структура тематических разделов АИС

Для решения поставленных задач видится следующая структура тематических разделов атласной информационной системы города:

#### *1. Особо охраняемые природные территории.*

Многоуровневая система ООПТ (для территории Новой Москвы — ООЗТ) включает в себя природно-исторические парки, природные заказники,



памятники природы и т. д., также в нее могут входить крупные участки городского озеленения: городские парки, скверы и т. д. Схема организации особо охраняемых территорий города выполняется в разных масштабах с показом объектов с различной степенью детальности. Для разных ООПТ на разных масштабных уровнях информация будет различаться.

### **2. Охраняемые виды животных.**

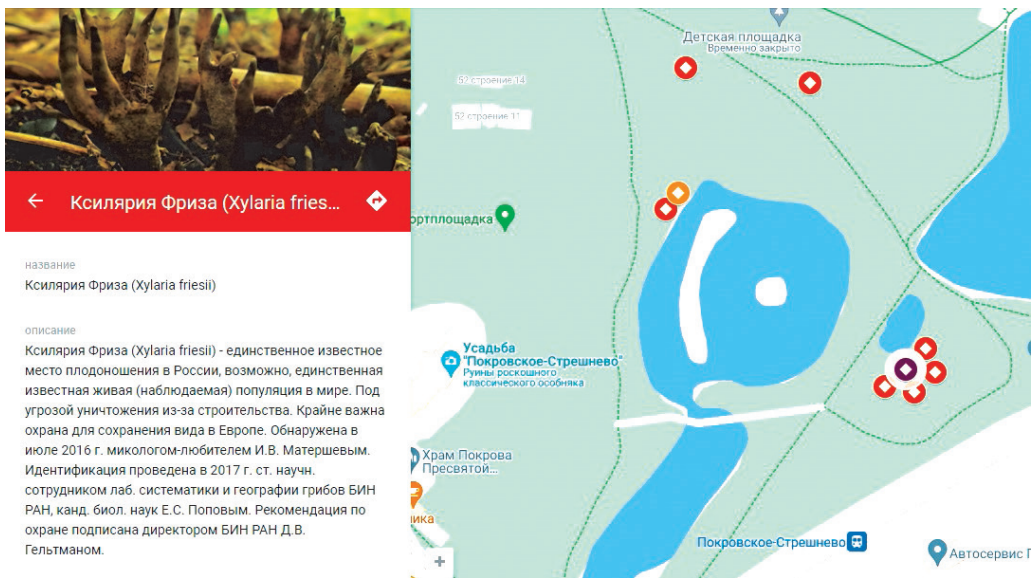
Животные в городе, особенно редкие, подвергаются повышенному стрессу. Теряются их места обитания, привычные пути перемещения, нарушаются пищевые цепи. В базу данных включаются сведения об охраняемых животных — виды, места распространения, особенности поведения. Возможно составление отдельных карт для особо интересных видов и для видов отдельных местообитаний, например, водных. Карты дополняются мультимедийными данными: фото, видео, записи голосов, текстовая информация. Для животных, обитающих в водной, подземной и воздушной среде, а также на деревьях, представляет интерес построение инфографических изображений (высот и глубин обитания, вида нор, гнезд и т. д.). Имеет значение и представляет большой интерес также историческая информация о том, какие животные обитали на данной территории в прошлом.

### **3. Охраняемые виды растений и грибов.**

База данных включает ареалы охраняемых растений и грибов, как сохранившихся на ООПТ, так и подвергающихся угрозе уничтожения. Для сохранения редких видов большое значение имеет охрана всего растительного сообщества. Для предотвращения сбора растений, возможно, не стоит делать достоянием широкой общественности карты ареалов редких растений в крупном масштабе. Значительный интерес представляют собой выдающиеся древесные растения, как уникальные свои возрастом, формой и состоянием, так и имеющие историческую подоплеку (связанные с историческими событиями или лицами). Интересны для картографирования также исторические парковые насаждения, в том числе аллеи, букетные посадки и т. д. Для водных растений возможно составление отдельного картографического блока. Необходимо указывать на картах и других информационных материалах также растения — интродуценты и реинтродуценты, которых много в современных парках, но приживаются они по-разному. Для картографируемых растений весьма важно фото и ботанический рисунок, представляющий собой отдельную отрасль изобразительного искусства (на таких рисунках предельно ясно изображаются все части растения).

Отдельно хотелось бы сказать о грибах — они имеют разрастающуюся грибницу, которой угрожает усиливающаяся рекреационная и строительная деятельность в парках; многие грибы привязаны к конкретным древесным породам. Например, под угрозу исчезновения из-за строительной деятельности в последние годы поставлен гриб ксилария фриза (*Xylaria friesii*), имеющий единственное место плодоношения в России в природно-историческом парке

«Покровское-Стрешнево». Гриб имеет всего лишь 4 ареала в умеренном поясе Европы (Германия и Швеция) и по рекомендации Ботанического института РАН охрана ареала «Покровского-Стрешнева» весьма важна для сохранения популяции этого гриба в Европе. Ксилярия Фриза, как и другие редкие грибы парка, обнаружена микологом И. В. Матершевым. По его материалам составлена карта редких грибов на краудсорсинговом ресурсе Google Maps, выбранном группой защитников природы парка для обмена картографическими данными. Электронная легенда карты сформирована по степени редкости картографируемых объектов; значки сопровождаются изображениями и описаниями объектов, указанных на рисунке.



**Рис.** Фрагмент карты редких грибов, обнаруженных в парке «Покровское-Стрешнево» (по материалам И. В. Матершева)

Информация о сообществах живых организмов также весьма важна в АИС, так как в сообществах существуют пищевые цепи и другие взаимосвязи, нарушение которых губительно сказывается на существовании всего сообщества.

#### **4. Природные комплексы и культурные ландшафты.**

База данных по природным комплексам включает в себя данные о ландшафтах как подробные, так и, по мере необходимости, облегченные, без сложных характеристик. Существует пример создания ландшафтной базы данных на всю территорию Москвы [9]. Подобная информация органично может быть включена в структуру природоохранной АИС. Фотографии, рисунки, пейзажные картины художников являются здесь весьма эффективной и информативной составляющей. Не следует забывать, что в состав московских ООПТ включено 11 природно-исторических парков [5], охраняемыми объектами в которых являются не только природные, но и культурно-исторические объекты, которые

в совокупности составляют неповторимые культурные ландшафты. К сожалению, официально они в нашем городе и в стране не охраняются, что особенно неблагоприятно в связи с усилившимся городским строительством.

#### **5. Динамика природных комплексов и культурных ландшафтов.**

Природные и культурные ландшафты изменяются с течением времени, особенно со сменой веков. Реки изменяют свое течение, появляются новые каналы, плотины, строятся новые и рушатся старые мосты, дома, другие здания, вырубаются деревья, а на их месте высаживаются новые или же появляются строения и дороги. Влияние человека на придание территориям облика города и мегаполиса становится все сильнее. Подобные изменения могут быть отражены на картах, фотографиях, рисунках, диаграммах, разрезах, профилях и других изображениях инфографики.

#### **6. Преобразование и переустройство ООПТ.**

Система особо охраняемых природных территорий города также время от времени подвергается переустройству. Как правило, площадь ООПТ сокращается в угоду городскому строительству, хотя могут быть и другие решения. В последнее время стало популярным так называемая реабилитация парков, представляющая собой коренное переустройство их ландшафтной структуры с внедрением все большего количества антропогенных элементов: ресторанов, спортивных площадок с высокими ограждениями, густой сети дорожек с покрытием, широких экологических троп с высокими перилами, протяженных линий осветительных столбов. Природные растительные сообщества уступают место искусственным насаждениям, ухудшаются или становятся невозможными условия существования редких видов растений и животных. Подобные преобразования удобны для отдыха горожан только лишь на первый взгляд. Они должны обязательно находить отражение в АИС в виде карт, фотографий, рисунков и описаний.

### **Заключение**

В настоящее время явно недостаточно проводимых мер по охране природы в Москве. Природные территории продолжают сокращаться, редкие природные виды животных и растений исчезают, распространяются сорные и инвазивные виды. Природные комплексы теряют свою целостность, становятся рассеченными, обедняются. Исчезают традиционные культурные ландшафты.

Атласная информационная система позволит упорядочить исследования и меры по охране природы в городе. В такой системе возможно приближенное к реальности отражение образа территории. Для обеспечения наибольшей информативности об объектах охраны и природопользования она должна быть многоуровневой и по возможности мультимедийной. Большое значение имеет

структура АИС с удобным поиском требуемой информации. Она должна содержать необходимые разделы об ООПТ в целом, а также об охраняемых видах биоты и сообществах живых организмов, природных комплексах, культурных ландшафтах и их динамике, преобразованиях и переустройстве ООПТ.

В АИС возможна всесторонняя оценка и прогноз изменений объектов природного наследия.

### Список источников

1. Архипова О. Е., Лычагина Ю. М. Атласная информационная система оценки устойчивого развития прибрежной зоны Азовского моря // ИнтерКарто. ИнтерГИС: материалы Международной конференции. 2018. Т. 24. Ч. 1. С. 68–74. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-68-74
2. Брехунцов А. М., Петров Ю. В. Геоинформационное моделирование проекта экогеологического парка в сложных социальных и экологических условиях центра г. Тюмени // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 629–644. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-629-644
3. Грибок М. В., Прохорова Е. А. Разработка анимированной инфографики как новое направление в обучении студентов-картографов // ИнтерКарто. ИнтерГИС: материалы Международной конференции. 2020. Т. 26. Ч. 1. С. 400–409. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-400-409
4. Завадская А. В., Яблоков В. М. Применение геоинформационных технологий для устойчивого развития рекреационного природопользования на ООПТ Камчатского края // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Международной конференции, Белокуриха, Денпасар, 14–19 декабря 2011 г. Барнаул: ИВЭП, 2011. С. 392–401.
5. Маркова О. И. Особо охраняемые территории Москвы как основа экологического каркаса мегаполиса // Географическая среда и живые системы. 2020. № 4. С. 28–47. DOI: 10.18384/2712-7621-2020-4-28-47
6. Маркова О. И. Принципы включения данных об экологическом состоянии природно-исторических парков мегаполисов в атласную информационную систему (на примере парка «Москворецкий») // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27. Ч. 3. С. 387–408. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-387-408
7. Маркова О. И. Охраняемые виды животных как индикатор экологического состояния территории Новой Москвы / О. И. Маркова, Л. Г. Емельянова, В. В. Масленникова, А. Ю. Кожухарь // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. М.: Изд-во Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 4. С. 20–36. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-20-36
8. Маркова О. И., Тикунов В. С. Новые технологии для современной геоинформатики // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 5–34. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-5-34

9. Низовцев В. А., Эрман Н. М. Ландшафтно-экологическое картографирование Москвы для обоснования территориального планирования города // *Геодезия и картография*, 2019. Т. 80. № 1. С. 43–51. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-43-51
10. Рыльский И. А. Создание виртуальных моделей местности при проектировании портовых комплексов по данным лидарной съемки / И. А. Рыльский, А. Ю. Кожухарь, А. И. Терская // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции*. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 540–555. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-540-555
11. Смирнов А. В. Что такое мультимедиа? // *Наука и школа*, 2006. № 4. С. 54–56.
12. Сопнев Н. В. Атласная информационная система «Региональные столицы Юга Европейской России» / Н. В. Сопнев, В. С. Белозеров, А. Н. Панин // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции*. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 172–187. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-172-187
13. Тикунов В. С. Атласные информационные системы для принятия решений // *Основы геоинформатики: учеб. пособие для студ. вузов*. М.: Академия, 2004. Кн. 2. С. 285–304.
14. Тикунов В. С. Атласная информационная система «Геополитическая ситуация в Большом Средиземноморье: принципы создания и технология пространственного анализа» / В. С. Тикунов, И. А. Чихарев, А. Н. Панин, И. А. Рыльский // *Наука. Инновации. Технологии*. 2019. № 3. С. 107–114. URL: [https://www.ncfu.ru/export/uploads/Dokumenty-Nauka/3\\_2019\\_nit.pdf](https://www.ncfu.ru/export/uploads/Dokumenty-Nauka/3_2019_nit.pdf)
15. Украинский П. А., Пожванов Г. А. Веб-ГИС заповедника «Белогорье»: разработка, назначение, специфика // *ГИС и заповедные территории: материалы научно-методического семинара, 13–14 апреля 2013 г., Харьковская обл., Краснокутский р-н, с. Владимировка. Харьков – Мадрид, 2013*. С. 26–29. URL: <https://scgis.org.ua/files/gis-pzf-2013.pdf>
16. Черкасов А. А. Атласная информационная система «Большие города России»: особенности разработки и возможности применения // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции*. 2021. Т. 27. № 2. С. 5–16. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-5-16
17. Черкасов А. А., Махмудов Р. К. Атласная информационная система «Население Ставропольского края» // *Геодезия и картография*. 1922. № 12. С. 31–39. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-990-12-31-39
18. Яблоков В. М., Тикунов В. С. Атласные информационные системы для устойчивого развития территорий // *ИнтерКарто. ИнтерГИС 22: материалы Международной конференции*. Протвино, 2016. Т. 1. С. 13–33. DOI: 10.24057/2414-9179-2016-1-22-13-33
19. Hurni L. Multimedia Atlas Information Systems // *Encyclopedia of GIS*. Springer, 2008. P. 759–763.

## References

1. Arkhipova O. E., Lychagina Yu. M. Atlas information system for assessing the sustainable development of the coastal zone of the Sea of Azov // *InterKarto. InterGIS. Materials International conf*. 2018. Vol. 24. Part 1. P. 68–74. DOI: /10.24057/2414-9179-2018-1-24-68-74

2. Brehuntsov A. M., Petrov Yu. V. Geo-information modeling of the ecogeological park project in the difficult social and environmental conditions of the center of Tyumen // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. M.: Faculty of Geography, Moscow State University, 2022. Vol. 28. Part 1. P. 629–644. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-629-644
3. Fungus M. V., Prokhorova E. A. The development of animated infographics as a new direction in the training of mapping students // InterKarto. InterGIS. Materials International. conf. 2020. Vol. 26. Part 1. P. 400–409. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-400-409
4. Zavadskaya A. V., Yablokov V. M. Application of geo-information technologies for the sustainable development of recreational nature management at the protected areas of the Kamchatka Territory // Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience. Materials International conf., Belokurikha, Denpasar, 2011, December 14–19. Barnaul: IVEP, 2011. P. 392–401.
5. Markova O. I. Specially protected areas of Moscow as the basis of the ecological framework of the metropolis // Geographical environment and living systems, 2020. № 4. P. 28–47. DOI: 10.18384/2712-7621-2020-4-28-47
6. Markova O. I. Principles of including data on the ecological state of natural historical parks of megacities in the atlas information system (using the example of Moskvoretsky Park) // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials International conf. M.: Faculty of Geography, Moscow State University, 2021. Vol. 27. Part 3. P. 387–408. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-387-408
7. Markova O. I. Protected animal species as an indicator of the ecological state of the territory of New Moscow / O. I. Markova, L. G. Emelyanova, V. V. Maslennikova, A. Yu. Kozhukhar // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. M.: Publishing House of Moscow University, 2020. Vol. 26. Part 4. P. 20–36. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-20-36
8. Markova O. I., Tikunov V. S. New technologies for modern geoinformatics // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. M.: Faculty of Geography, Moscow State University, 2022. Vol. 28. Part 1. P. 5–34. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-5-34
9. Nizovtsev V. A., Erman N. M. Landscape and environmental mapping of Moscow to justify the territorial planning of the city // Geodesy and cartography. 2019. Vol. 80. № 1. P. 43–51. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-43-51
10. Rylsky I. A. Creation of virtual models of the terrain during the design of port complexes according to the lidar survey / I. A. Rylsky, A. Yu. Kozhukhar, A. I. Terskaya // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. M.: Faculty of Geography, Moscow State University, 2022. Vol. 28. Part 1. P. 540–555. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-540-555
11. Smirnov A. V. What is multimedia? // Science and School. 2006. № 4. P. 54–56.
12. Sopnev N. V. Atlas information system “Regional capitals of the South of European Russia” / N. V. Sopnev, V. S. Belozеров, A. N. Panin // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. M.: Faculty of Geography, Moscow State University, 2022. Vol. 28. Part 2. P. 172–187. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-172-187

13. Tikunov V. S. Atlas information systems for decision-making // Fundamentals of geoinformatics. Study. method. for student universities. M.: Academy, 2004. Kn. 2. P. 285–304.
14. Tikunov V. S. Atlas information system “Geopolitical situation in the Great Mediterranean: principles of creation and technology of spatial analysis” / V. S. Tikunov, I. A. Chikharev, A. N. Panin, I. A. Rylsky // Science. Innovation. Technologies. 2019. № 3. P. 107–114. URL: [https://www.ncfu.ru/export/uploads/Dokumenty-Nauka/3\\_2019\\_nit.pdf](https://www.ncfu.ru/export/uploads/Dokumenty-Nauka/3_2019_nit.pdf)
15. Ukrainian P. A., Pozhvanov G. A. Web-GIS of the Belogorye reserve: development, purpose, specificity // GIS and protected areas. Materials of the scientific and methodological seminar on April 13–14, 2013, Kharkov region, Krasnokutsky district, s. Vladimirovka. Kharkov – Madrid, 2013. P. 26–29. URL: <https://scgis.org.ua/files/gis-pzf-2013.pdf>
16. Cherkasov A. A. Atlas information system “Big Cities of Russia”: features of development and possibilities of application // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for the sustainable development of territories. Materials of the International conf. 2021. Vol. 27. № 2. P. 5–16. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-5-16
17. Cherkasov A. A., Makhmudov R. K. Atlas information system “Population of the Stavropol Territory” // Geodesy and cartography. 1922. № 12. P. 31–39. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-990-12-31-39
18. Yablokov V. M., Tikunov V. S. Atlas information systems for the sustainable development of territories // InterKarto. InterGIS 22. Materials International conf. Protvino, 2016. Vol. 1. P. 13–33. DOI: 10.24057/2414-9179-2016-1-22-13-33
19. Hurni L. Multimedia Atlas Information Systems // Encyclopedia of GIS. Springer, 2008. P. 759–763.



УДК 796.011.3

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.7

**Кристина Михайловна Назарова<sup>1</sup>,**  
**Анна Николаевна Налобина<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

## **Возможности эрготерапии для улучшения качества жизни при болезни Паркинсона**

***Аннотация.*** В связи с ростом заболеваемости болезнью Паркинсона в Российской Федерации возникает потребность совершенствования реабилитационной помощи и приведение ее в соответствие с международными моделями.

Целью исследования явилось изучение возможности применения эрготерапии для улучшения качества жизни при болезни Паркинсона.

Для достижения поставленной цели были обследованы 18 пациентов на базе лечебно-реабилитационного центра Клинической больницы Управления делами Президента РФ в Москве. До начала занятий и по окончании курса эрготерапии всем испытуемым были проведены: тестирование качества жизни с помощью теста функциональной независимости (FIM), шкалы активностей повседневной жизни Ривермид (S. Whiting, N. Lincoln, 1980; D. Wade, 1992) и качество жизни по опроснику EQ-5D-3L (адаптированная с учетом этнолингвистических особенностей русскоязычной популяции). Результаты исследования были обработаны с использованием программного комплекса Statistica 10.

Результаты исследования показали, что наибольшие затруднения у пациентов с болезнью Паркинсона вызывают такие действия, как надевание одежды, прием пищи, уход за собой, письмо. Занятия с эрготерапевтом помогают решить эти вопросы за счет тренировки базовых ADL, инструментальных ADL, продуктивной деятельности и формирования досуга.

***Ключевые слова:*** болезнь Паркинсона, эрготерапия, тренировка активности, продуктивная деятельность



УДК 796.011.3

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.7

**Kristina Mikhailovna Nazarova<sup>1</sup>,**  
**Anna Nikolaevna Nalobina<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Moscow City University, Moscow, Russia

## **Possibilities of occupational therapy to improve quality of life in Parkinson's disease**

**Abstract.** Due to the growing incidence of Parkinson's disease in the Russian Federation, there is a need to improve rehabilitation care and bring it in line with international models.

The aim of the study was to investigate the possibility of using occupational therapy to improve the quality of life of persons with Parkinson's disease.

To achieve this goal, 18 patients were examined at the treatment and rehabilitation center of the Clinical Hospital of the Russian Presidential Administration in Moscow. Before and after the course of ergotherapy all the patients were tested for the quality of life with the help of Functional Independence Test (FIM), Rivermead Scale of Activities of Daily Living (S. Whiting, N. Lincoln, 1980; D. Wade, 1992) and the EQ-5D-3L. The results of the study were processed using Statistica 10 software.

The results of the study showed that Parkinson's patients have the most difficulties with such activities as putting on clothes, eating, taking care of themselves, and writing. Classes with an occupational therapist help to solve these issues by training basic ADL, instrumental ADL, productive activities and leisure time activities.

**Keywords:** Parkinson's disease, occupational therapy, activity training, productive activity

### **Введение**

**Б**лезнь Паркинсона — одно из самых распространенных нейродегенеративных заболеваний, поражающее преимущественно дофамин-продуцирующие нейроны в определенной области мозга, называемой черной субстанцией с накоплением в клетках белка альфа-синуклеина и особых внутриклеточных включений (телец Леви). Этиология данного заболевания остается в значительной степени неизвестной. Предполагается, что на его возникновение влияют генетические факторы, внешняя среда (возможное воздействие различных токсинов), процессы старения. Генетические факторы имеют доминирующее значение при раннем развитии болезни Паркинсона. Многие симптомы болезни Паркинсона не связаны с движением. Немоторные симптомы болезни Паркинсона распространены и могут влиять на повседневную жизнь больше, чем более очевидные трудности с движением. К немоторным симптомам относятся: нарушение обоняния, расстройства сна, когнитивные нарушения (снижение памяти, легкомысленность), запор,

расстройства мочеиспускания, повышенное потоотделение, усталость, боль (особенно в конечностях), парестезии, беспокойство и депрессия [3].

Синдром паркинсонизма является основным клиническим проявлением болезни Паркинсона, его моторными симптомами являются: замедленность всех движений, истощаемость быстрых повторяющихся движений в руках и ногах, скованность мышц (мышечная ригидность), дрожание рук и ног (но почти никогда — головы), что наиболее выражено в покое, неустойчивость при ходьбе, укорочение длины шага и шарканье при ходьбе, топтание на месте, застывания при ходьбе, отсутствие содружественных движений руками при ходьбе (ахейрокинез) [4].

Во всем мире болезнь Паркинсона по темпам роста инвалидности и смертности опережает другие неврологические расстройства. За последние 25 лет распространенность болезни Паркинсона выросла вдвое. В 2021 г. численность лиц, страдающих болезнью Паркинсона, оценивалась на уровне свыше 8,5 млн человек. Согласно текущим оценкам, в 2021 г. болезнь Паркинсона привела к утрате 5,8 млн лет жизни, скорректированных на инвалидность (на 81 % выше, чем в 2000 г.), и стала причиной смерти 329 000 человек (рост на 100 % по сравнению с 2000 г.) [1]. Таким образом, болезнь Паркинсона представляет собой важную социальную проблему, эффективное решение которой возможно программно-целевым способом.

Комплексная программа лечения лиц, страдающих болезнью Паркинсона, должна включать мероприятия, направленные на коррекцию как двигательных, так и немоторных нарушений. Классические средства реабилитации, такие как кинезотерапия, ЛФК, гидрореабилитация, массаж, ориентированы преимущественно на нормализацию тонуса мышц, увеличение амплитуды движения в суставах, позиционирование пациента и обучение правильному паттерну ходьбы, что создает предпосылки к восстановлению локомоторных функций и положительно влияет на способность самостоятельного передвижения. В то же время такие сферы жизнедеятельности, как способность к самообслуживанию, общению, контролю своего поведения, остаются без должного внимания и в значительной мере влияют на качество жизни. Компенсировать этот дефицит возможно с помощью средств и методов эрготерапии.

**Цель исследования:** изучить возможности эрготерапии для улучшения качества жизни на разных стадиях болезни Паркинсона.

## Методы и методология исследования

Для изучения проблемы исследования были использованы такие общенаучные методологические подходы, как диалектика и структурно-функциональный анализ [5]. До начала занятий и по окончании курса эрготерапии

всем испытуемым были проведены следующие исследования: тестирование качества жизни с помощью теста функциональной независимости (FIM), шкалы активностей повседневной жизни Ривермид (S. Whiting, N. Lincoln, 1980; D. Wade, 1992) и качество жизни по опроснику EQ-5D-3L (адаптированная с учетом этнолингвистических особенностей русскоязычной популяции). Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке. Обработка данных была проведена с использованием программы Statistica 10. Для сравнения зависимых совокупностей использовался  $T$ -критерий Вилкоксона в программе Statistica 10. Рассчитанные значения  $T$ -критерия Вилкоксона сравнивались с критическими при заданном уровне значимости.

Исследование проводилось на базе лечебно-реабилитационного центра Клинической больницы Управления делами Президента РФ (Москва) и Московского городского педагогического университета с июля по сентябрь 2022 года. В исследовании приняли участие 18 человек с паркинсонизмом в возрасте от 50 до 75 лет, длительность болезни составляла от 5 до 20 лет. На основании шкалы Хен – Яра, все испытуемые в зависимости от стадии болезни Паркинсона были разделены на три группы, по 9 человек в каждой.

Каждый участник исследования проходил курс эрготерапии в количестве 10 сеансов. Эрготерапия — сравнительно новый и «молодой» метод реабилитации, который предполагает терапию деятельностью, то есть восстановление здоровья через занятия, привычные виды деятельности. Целью эрготерапии является максимально возможное восстановление способности человека к независимой жизни (самообслуживанию, продуктивной деятельности, отдыху).

К задачам эрготерапии относятся: профилактика развития ограниченных жизненного функционирования; восстановление деятельности (адаптация среды, обучение и переобучение пользованию предметами и техническими средствами реабилитации) [6]. Эрготерапия включает в себя 4 раздела:

**Базовые бытовые активности:** личная гигиена, надевание и снятие одежды, прием пищи, функциональная независимость.

**Инструментальные активности:** приготовление пищи, выполнение домашних обязанностей, сложные базовые бытовые активности, уборка квартиры, распределение финансов, менеджмент медикаментов.

**Продуктивная деятельность:** работа за деньги, забота о людях и животных, возможность осваивать новые знания и навыки, исследовательские виды деятельности (поиск информации, работы, добровольное участие в чем-либо).

**Отдых и досуг:** выбор вида досуга, развлечений, возможность выполнять различные действия во время игры и отдыха.

Оптимальным критерием разработки индивидуальной программы занятий с эрготерапевтом является стадия болезни Паркинсона, с которой непосредственно связаны степень выраженности нарушений и ограничений жизнедеятельности или ограничения участия в жизни общества.

### **Вмешательство эрготерапевта на ранней стадии болезни Паркинсона**

Ранняя стадия (с 1 по 2,5, по Хен – Яру) характеризуется слабым тремором, скованностью в плечах и бедрах, изменениями в позуре и ходьбе. Человек испытывает трудности с инструментальными активностями, которые требуют мультизадачности или выхода на улицу (рабочие задачи, покупки в магазине, финансовые операции, приготовление пищи, менеджмент медикаментов).

На этой стадии вмешательство эрготерапевта заключается во включении в ежедневную активность упражнений на увеличение объемов движений и силы, координации для улучшения постурального контроля и разгибания, когнитивная тренировка в виде упражнений для улучшения межполушарного взаимодействия и памяти, стратегии для улучшения письма и печати на компьютере, например правильное позиционирование.

Необходима адаптация окружающей среды: досуговой, рабочей, домашней — и пропаганда здорового образа жизни.

### **Вмешательство эрготерапевта на средней стадии болезни Паркинсона**

На средней стадии (с 3 по 4, по Хен – Яру) моторные симптомы проявляют себя как тремор, ригидность, акинезия, постуральные нарушения, частые падения. Пациенты испытывают трудности при выполнении повседневных активностей: базовых бытовых, инструментальных, продуктивной деятельности и досуге.

На этой стадии эрготерапевт старается проводить занятия только в фазе включения. Рекомендуются избегать мультизадачности в новых активностях. Необходима концентрация на каждом задании, затем — переход к следующему, а также обучение копинг-стратегиям — внутренним и внешним подсказкам (ориентирам). Необходимо разбивать каждую активность на мелкие пункты и повторять каждый из них несколько раз и только после этого переходить к следующему шагу.

Пациентам даются рекомендации по использованию адаптивных приспособлений для экономии энергии и безопасности. Их обучают стратегиям для улучшения письма и печати на компьютере. Проводится обучение

ухаживающих лиц правильной страховке пациента, соблюдению распорядка дня и тренировке поддержания порядка.

Пациенту рекомендуется включать в ежедневную активность упражнения на увеличение объемов движений и силы, координации для улучшения постурального контроля и разгибания, когнитивную тренировку, стратегии для улучшения письма и печати на компьютере, функциональную тренировку мобильности в кровати, пересаживание, вставание, планирование своей активности на период включения, обучение копинг-стратегиям при вставании со стула и ходьбе, преодолении дверных проемов, адаптацию окружающей среды и одежды для уменьшения риска падения.

### **Вмешательство эрготерапевта на поздней стадии болезни Паркинсона**

На поздней (развернутой) стадии заболевания (с 4 по 5, по Хен – Яру) наблюдается зависимость в базовых ADL активностях, снижение когнитивных и коммуникативных функций, поза пациента может быть вынужденная со значительным снижением контроля торса.

Пациенту необходимо обучение и тренировка приема пищи с ассистированными движениями и самостоятельно. Пища должна быть подходящей консистенции, так как на этой стадии заболевания может присутствовать дисфагия. Также обязательна сенсорная стимуляция (вкус, запах, тактильные ощущения).

На этой стадии большую часть времени эрготерапевт должен уделять обучению ухаживающего лица избеганию активных тренировок в фазе выключения, обучению пассивной суставной гимнастике для увеличения объема движений и снижения болевого синдрома, правильному позиционированию пациента в положениях сидя, лежа и при приеме пищи. Проводится обучение правильным трансферам в кровати и при пересаживании на один или разные уровни, обучение использования адаптивного оборудования: кресла-коляски, кресла для ванны, прикроватного туалета, прикроватного стола и т. д. [2].

### **Результаты исследования**

До курса эрготерапии среднегрупповой результат теста функциональной независимости (FIM) составил  $108,2 \pm 3$  балла, что свидетельствовало о достаточно высоком уровне независимости пациентов в повседневной жизни (см. табл. 1). Об этом свидетельствовал и достаточно высокий индекс Ривермид ( $78,3 \pm 4,4$  балла).

Таблица 1

## Показатели качества жизни испытуемых до и после эксперимента

Тест	До начала курса реабилитации	После окончания курса реабилитации	<i>T</i> эмп.	<i>P</i>
Тест функциональной независимости (FIM), балл	108,2 ± 3	112,2 ± 3,1	74,5	$P \leq 0,05$
Шкала активностей повседневной жизни Ривермид, балл	70,3 ± 4,4	77,1 ± 6,5	58,5	$P \leq 0,01$
Опросник качества жизни EQ-5D-3L, балл	70 ± 5	75,5 ± 5,5	75	$P \leq 0,05$

При оценке двигательных функций наибольшие затруднения возникали при самообслуживании, контроле тазовых функций, перемещении и подвижности. Наименьший балл был выявлен при надевании верхней части одежды. У трех пациентов (17 %) отмечалось снижение интеллектуальных функций за счет нарушения общения, социальной активности. У остальных 15 человек (83 %) снижения когнитивных способностей не выявлено.

Результаты опроса качества жизни EQ-5D-3L (см. табл. 1) у пациентов с паркинсонизмом о субъективных ощущениях физического и психического здоровья человека соответствовали  $70 \pm 5$  баллам, что по визуальной аналоговой шкале EQ-VAS выше среднего. Однако только 1 (5,6 %) респондент сообщил об отсутствии проблем со здоровьем, а 13 (72,2 %) человек объявили об умеренных проблемах со здоровьем в одном из измерений EQ-5D-3L, 4 (22,2 %) человека имели проблемы со здоровьем в двух и более измерений EQ-5D-3L.

Наиболее выражены проблемы с передвижением, уходом за собой, обычной деятельностью, болью в шее и пояснице, тревогой за свое состояние.

В целом наиболее трудно для пациентов с болезнью Паркинсона выполнять такие активности, как надевание верхней части одежды ( $n = 13$ , 82,6 %), самостоятельный прием пищи ( $n = 12$ , 78,2 %), надевание нижней части одежды ( $n = 12$ , 78,2 %), мытье тела в ванне ( $n = 11$ , 69,6 %) и уход за собой ( $n = 11$ , 69,9 %). Двумя наиболее часто встречающимися проблемами с инструментальными ADL были письмо ( $n = 6$ , 39,1 %) и набор текста на клавиатуре ( $n = 4$ , 30,4 %). Большая часть ( $n = 17$ , 94,6 %) исследуемых субъективно ощущали проблемы со здоровьем.

В таблице 1 представлена динамика показателей качества жизни и функциональной активности у людей с болезнью Паркинсона после курса эрготерапии. По завершении реабилитационных мероприятий можно видеть, что по всем изучаемым показателям достигнуты статистически достоверные изменения.

Прирост результатов в шкале функциональной независимости (FIM) на 3,7 % в большей степени обеспечивался за счет улучшения навыков

личной гигиены, подъема с кровати, приседания на стул (инвалидное кресло) и вставания с них, перемещения и подвижности.

Результаты по шкале активностей повседневной жизни Ривермид улучшились с 70,3 до 77,1 балла за счет изменения двигательного навыка у 16 (88,9 %) пациентов. У 2 человек (11,1 %) изменений в повседневной активности не наблюдалось.

Анализ ответов на вопросы по оценке качества жизни показал улучшения в таких компонентах профиля здоровья, как подвижность, уход за собой, боль, тревога. Среднее значение данных опросника качества жизни улучшилось на 7,8 % и составило  $75,5 \pm 5,5$  балла.

## Заключение

Таким образом, эрготерапия при болезни Паркинсона охватывает все сферы жизни человека и помогает ему в достижении максимальной самостоятельности и улучшении качества жизни. Наибольшего эффекта эрготерапии при болезни Паркинсона можно добиться на ранней стадии (1–2,5, по Хен – Яру). На развернутой стадии Болезни Паркинсона после занятий с эрготерапевтом наблюдались менее значительные улучшения, что вызывает необходимость дополнения программы комплексной реабилитации такими средствами, как кинезиотерапия, лечебная физическая культура, нейропсихологическая и логопедическая коррекция.

## Список источников

1. Исмаилова С. Б. Реабилитация при болезни Паркинсона-немедикаментозные подходы / С. Б. Исмаилова, В. С. Ондар, С. В. Прокопенко // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2020. Т. 2. № 1. С. 57–65.
2. Назарова К. М. Эрготерапия на ранней стадии болезни Паркинсона / К. М. Назарова, А. Н. Налобина // Современные вопросы биомедицины. 2022. Т. 6. № 4 (21). DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_04\_22. EDN TZGCIK
3. Смоленцева И. Г. Реабилитация при болезни Паркинсона: современное состояние и перспективы / И. Г. Смоленцева, Н. А. Амосова, А. В. Кузьмина // Бюллетень Национального общества по изучению болезни Паркинсона и расстройств движений. 2022. № 2. С. 188–193.
4. Шпилюкова Ю. А. Обзор Международного конгресса по болезни Паркинсона и расстройствам движений 2022 (International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 2022) (Мадрид, Испания, 15–18 сентября 2022 г.) // Бюллетень Национального общества по изучению болезни Паркинсона и расстройств движений. 2022. № 3. С. 2–10.
5. Cavaglioni A. et al. Occupational therapy for people with Parkinson's disease in Israel: a SWOT analysis // Scandinavian Journal of Occupational Therapy. 2022. С. 1–11.
6. Radder D. L. M. et al. Physical therapy and occupational therapy in Parkinson's disease // International Journal of Neuroscience. 2017. Т. 127. № 10. С. 930–943.

### References

1. Ismailova S. B. Rehabilitation in Parkinson's disease-non-drug approaches / S. B. Ismailova, V. S. Ondar, S. V. Prokopenko // Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation. 2020. Vol. 2. № 1. P. 57–65.
2. Nazarova K. M. Ergotherapy at the early stage of Parkinson's disease / K. M. Nazarova, A. N. Nalobina // Modern issues of biomedicine. 2022. Vol. 6. № 4 (21). DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_04\_22. EDN TZGCIK.
3. Smolentseva I. G. Rehabilitation in Parkinson's disease: current state and prospects / I. G. Smolentseva, N. A. Amosova, A. V. Kuzmina // Bulletin of the National Society for the Study of Parkinson's Disease and Movement Disorders. 2022. № 2. P. 188–193.
4. Shpilyukova Yu. A. Review of the International Congress on Parkinson's Disease and Movement Disorders 2022 (International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 2022) (Madrid, Spain, September 15–18, 2022) // Bulletin of the National Society for the Study of Parkinson's Disease and Movement Disorders. 2022. № 3. P. 2–10.
5. Cavaglioni A. et al. Occupational therapy for people with Parkinson's disease in Israel: a SWOT analysis // Scandinavian Journal of Occupational Therapy. 2022. P. 1–11.
6. Radder D. L. M. et al. Physical therapy and occupational therapy in Parkinson's disease // International Journal of Neuroscience. 2017. Vol. 127. № 10. P. 930–943.



УДК 378.172

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.8

**Виктория Андреевна Шалабодина<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

## **Постковидный синдром и когнитивные нарушения: анализ состояния здоровья студентов**

*Аннотация.* В работе представлены результаты анализа взаимосвязи степени тяжести перенесенной коронавирусной инфекции с когнитивными нарушениями, возникшими после болезни у студентов. Также показана связь между хроническими заболеваниями и последствиями постковидного синдрома. Исследование проводилось весной 2022 года.

*Ключевые слова:* COVID-19, студенты, постковидный синдром, когнитивные способности

УДК 378.172

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.49.1.8

**Victoria Andreevna Shalabodina<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Moscow City University, Moscow, Russia.

## **Cognitive impairment in Post-COVID-19 Syndrome: analysis of students' health status**

*Abstract.* The paper presents the results of the analysis of the relationship between the severity of the coronavirus infection and cognitive impairment that occurred after the illness in students. The relationship between chronic diseases and the consequences of post-COVID syndrome is also shown. The study was conducted in the spring of 2022.

*Keywords:* COVID-19, students, post-COVID syndrome, cognitive abilities

### **Введение**

**Н**а начало октября 2022 года в мире зафиксировано 618 млн случаев заражения вирусом COVID-19 (более 20,7 млн — в России) [6]. Подобные цифры свидетельствуют не только о масштабах эпидемии заболевания, но и об ожидающих нас последствиях, когда на первое место выйдет вопрос реабилитации переболевших. Говоря про реабилитацию после коронавирусной инфекции, мы должны четко понимать, что представляет собой так называемый постковидный синдром. Согласно руководству

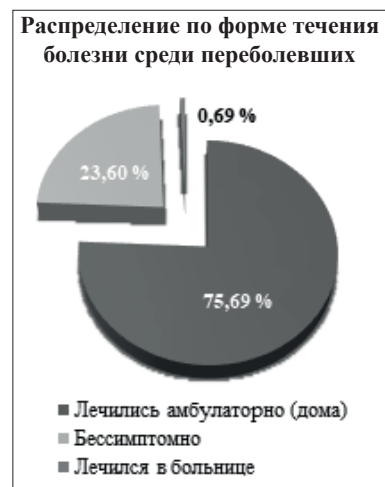
Национального института здравоохранения и совершенствования медицинской помощи Великобритании (NICE), он описан как набор симптомов, которые развиваются во время или после подтвержденной инфекции COVID-19 и которые невозможно объяснить с помощью других диагнозов [7]. Ряд исследователей установили, что именно нервная система была наиболее часто подвержена поражению у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию [3, 4]. Авторы выделяют такие симптомы, как головная боль, головокружение, шум в ушах, потеря вкуса/обоняния, нарушение сна, парестезия (спонтанно возникающие ощущения жжения или покалывания), мышечные боли, когнитивные нарушения («мозговой туман», проблемы с памятью, проблемы с концентрацией), психические расстройства (беспокойство, депрессия) [1]. Ввиду такого обширного перечня симптомов мы хотели понять, насколько они свойственны студентам, переболевшим коронавирусной инфекцией, а не являются, например, следствием наличия у них каких-то хронических заболеваний или результатом их образа жизни, о чем свидетельствовали более ранние исследования [5]. Поэтому **целью нашей работы** стал поиск взаимосвязи когнитивных нарушений с последствиями перенесенной инфекции COVID-19 у студентов.

## Методы и организация исследования

В исследовании приняли участие 208 студентов 1–3-го курсов Московского городского педагогического университета в возрасте от 17 до 22 лет. Из них 144 студента перенесли коронавирусную инфекцию (диаграмма 1). Один студент был госпитализирован, 109 человек отметили, что лечились амбулаторно и 34 переболели бессимптомно (диаграмма 2).

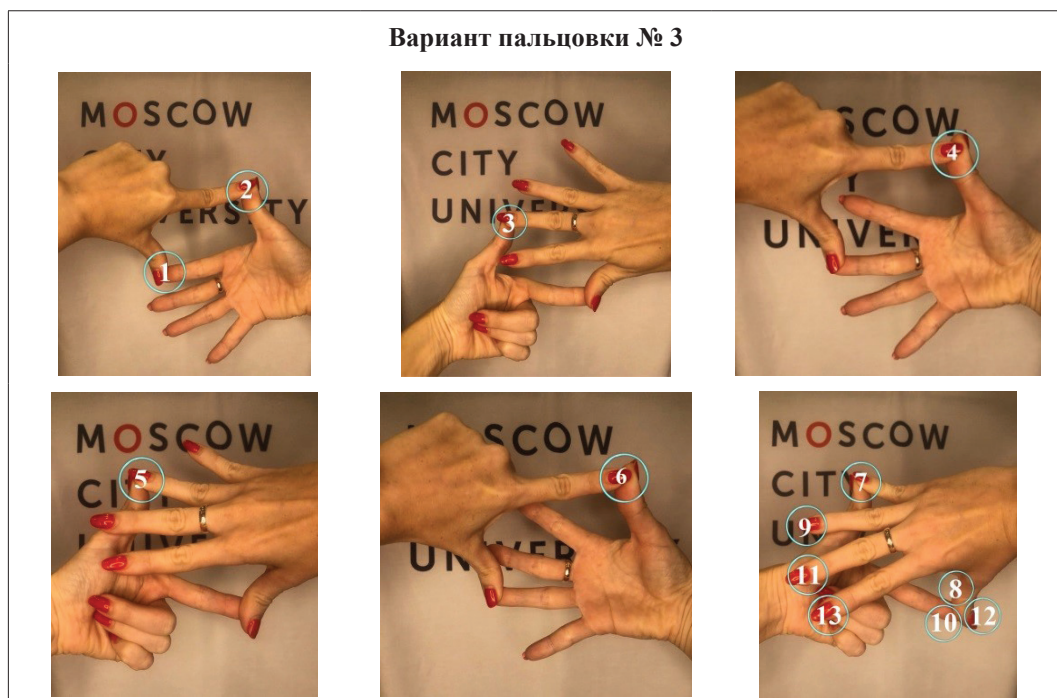


**Диаграмма 1.** Распределение участников эксперимента на болевших и неболевших



**Диаграмма 2.** Распределение участников эксперимента по форме течения болезни среди переболевших

В первой части исследования проводилось анкетирование, в котором мы собрали данные о наличии хронических заболеваний у респондентов, а также о состоянии общего самочувствия после болезни. Во второй части исследования проводился эксперимент, организованный для фиксации когнитивных нарушений, которые были выявлены в ходе первой части. Суть эксперимента состояла в возможности выполнения студентами пальцовок (упражнений нейробики, направленных на развитие мозга и улучшения памяти, выполняемых пальцами обеих рук [2]). Для этого были выделены три группы по 10 человек. В первую вошли студенты, перенесшие инфекцию тяжело (были госпитализированы или лежали от 5 дней дома с высокой температурой). Во вторую группу вошли студенты, перенесшие инфекцию легко (бессимптомно или чувствовали легкое недомогание несколько дней). И третья группа была контрольной, в нее вошли неболевшие студенты. Для эксперимента было отобрано три варианта пальцовок. Суть первой пальцовки заключалась в нажатии подушечками больших пальцев на подушечки каждого пальца по очереди, начиная с указательного до мизинца и обратно. Упражнение выполнялось одновременно на обеих руках. Вторая пальцовка представляла собой усложненный вариант первой, только в данном случае одна рука стартовала с указательного пальца, а вторая с мизинца. Вариант пальцовки № 3 представлен на рисунке 1.



**Рис. 1.** Вариант пальцовки № 3

Выполнение данных пальцовок оценивалось от 0 до 3 баллов, где 0 — не удалось выполнить упражнение, 1 — не удалось выполнить только с закрытыми глазами, 2 — возникли сложности при выполнении, но в итоге упражнение было выполнено, 3 — выполнение не вызвало затруднений.

Полученные результаты эксперимента были проверены по  $t$ -критерию Стьюдента. В заключении на основе результатов исследования были сделаны выводы.

## Результаты и их обсуждение

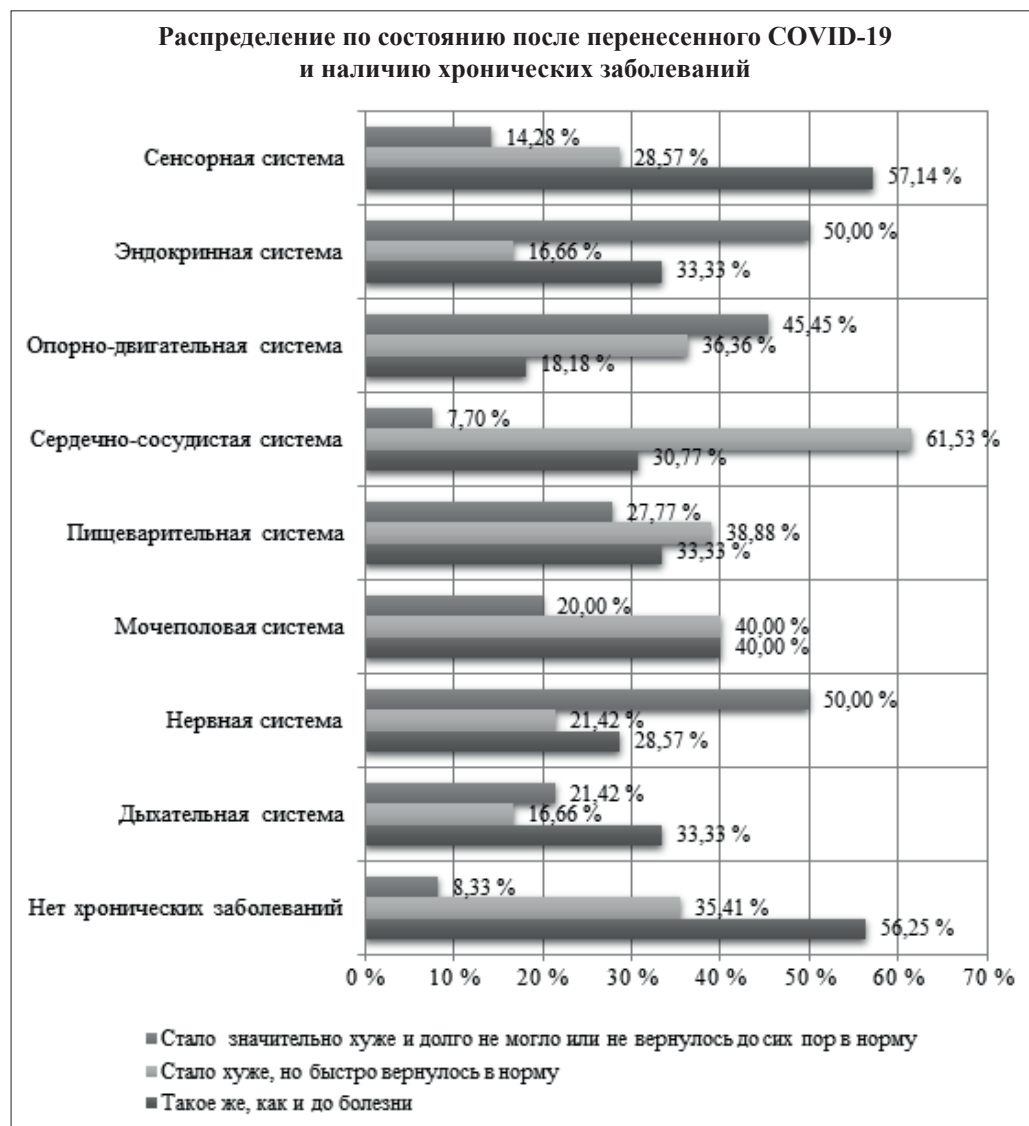
В результате исследования было выявлено, что у 106 респондентов имелись хронические заболевания (из них 79 переболели коронавирусом). У 102 хронических заболеваний не было (среди них 65 переболевших). Процентное соотношение представлено на диаграмме 3.



Диаграмма 3. Распределение болевших и неболевших студентов на имеющих и не имеющих хронические заболевания

Наличие хронических заболеваний могло лишь в слабой степени являться фактором, способствующим заражению инфекцией и, как следствие, проявлению постковидного синдрома. Поэтому мы решили распределить респондентов, переболевших COVID-19 и имеющих хронические заболевания по степени их самочувствия после коронавирусной инфекции (диаграмма 4).

Сделав это, мы обратили внимание, что наибольший процент тех, кому стало значительно хуже после болезни, составили студенты, имеющие патологии нервной системы (50 %), эндокринной системы (50 %) и опорно-двигательного аппарата (45,45 %). Наименьший же процент был зафиксирован у студентов, имеющих хронические заболевания сердечно-сосудистой системы (7,7 %), который оказался даже ниже, чем у тех, кто вообще не имел хронических патологий (8,33 %). Лучшие показатели по отсутствию изменений в своем самочувствии были зафиксированы у студентов, имеющих проблемы с сенсорной системой — 57,14 %.



**Диаграмма 4.** Распределение участников эксперимента по состоянию после перенесенного COVID-19 и наличию хронических заболеваний

Обратив внимание, что студенты, имеющие патологии нервной системы, были наиболее подвержены значительному ухудшению своего состояния после перенесенной инфекции, мы решили провести дополнительное исследование их когнитивных способностей. К этому шагу нас также подтолкнуло определенное количество субъективных жалоб студентов на сложности с выражением своих мыслей устно или письменно (при условии, что до болезни таких проблем не было), забывание слов, действий, которые они раньше всегда использовали или выполняли в повседневной жизни, сложности в запоминании новой информации и т. п. Эксперимент с выполнением пальчиков было решено

провести один раз, чтобы зафиксировать или опровергнуть связь между степенью тяжести заболевания и возникающими последствиями. Утверждение, что до болезни студенты не испытывали проблем с выполнением данных упражнений, основывается на субъективной оценке участников эксперимента, а также на наблюдении преподавателей, проводящих занятия.

Студентам на занятии предлагалось выполнить три варианта пальцовок. Сначала с открытыми глазами, а потом с закрытыми. Статистическая обработка результатов представлена в таблице 1.

Таблица 1

## Статистическая обработка результатов эксперимента

$M \pm m$ (min; max)			$Md$ (IQR)			$p$
Контрольная группа, $n = 10$	Группа болевших слабо, $n = 10$	Группа болевших сильно, $n = 10$	Контрольная группа, $n = 10$	Группа болевших слабо, $n = 10$	Группа болевших сильно, $n = 10$	
$8,8 \pm 0,42$ (8; 9)	$8,5 \pm 0,71$ (7; 9)	$4,6 \pm 4,06$ (0; 9)	9 (0,25)	9 (1)	5 (9)	$p < 0,001$ (контрольной и болевших сильно) $0,7 > p > 0,8$ (контрольной и болевших слабо)

*Примечание:*  $M$  — среднее значение выборки;  $m$  — стандартная ошибка; min — минимально зафиксированное значение; max — максимально зафиксированное значение;  $Md$  — медиана; IQR — межквартильный размах (разница между 75-м и 25-м перцентилями);  $n$  — число наблюдений;  $p$  — уровень значимости (проверка по  $t$ -критерию Стьюдента).

При статистическом анализе результатов контрольной группы и группы болевших слабо,  $p$ -значение находилось в диапазоне от 0,7 до 0,8. Данный факт свидетельствовал, что статистически значимых отличий между выборками не наблюдалось. При анализе результатов контрольной группы и группы, болевших сильно,  $p$ -значение было менее 0,001, что отвергало нулевую гипотезу и делало статистически значимыми различия в выборках.

Показатели контрольной группы и группы болевших слабо были практически идентичными. В каждой из групп только по одному испытуемому не набрали максимальное количество баллов. Причем при повторной попытке выполнить то или иное упражнение, им удавалось это сделать. Группа болевших сильно на этом фоне сильно отличилась. Четыре человека не смогли справиться хотя бы с одним упражнением (даже при повторных попытках). Но в то же время 4 человека выполнили упражнения без затруднений или испытали незначительные сложности с одним из них. То есть, даже найдя очевидные различия между группами болевших и неболевших студентов,

нам все равно не удалось выделить отличительный признак, который был бы характерен для всех, и объяснить, почему часть переболевших студентов имела проблемы с когнитивными функциями, а часть нет. Это означает, что данный феномен требует более детального и глубокого изучения в дальнейшем, а наша работа в данном случае служит отправной точкой для этих исследований.

## Заключение

Благодаря проведенному исследованию нам удалось выяснить, что признаки нарушений работы когнитивных функций были обнаружены исключительно у студентов, тяжело перенесших заболевание, что делает проявление данных нарушений особенностью течения постковидного синдрома у части студентов. Можно также сделать предположение, что нервная система была наиболее подвержена влиянию постковидного синдрома, так как студенты, имеющие данные патологии, чувствовали значительные ухудшения в своем состоянии после болезни. Эти факты требуют более подробного изучения, потому что полученные данные помогли только сконцентрировать внимание на проблемном поле, но не раскрыть причину, по которой данные симптомы появлялись у одних студентов, но миновали других. В любом случае факт выявления нарушений когнитивных функций даже у части студентов требует принятия немедленных мер по их реабилитации, так как когнитивные способности влияют на способность студентов к обучению — главной их задаче во время нахождения в стенах университета. Возможное решение данной проблемы может состоять в использовании комплексов нейробики (своеобразной гимнастики для мозга), например, в рамках элективных курсов по физической культуре и спорту или других образовательных дисциплин. Необходимо просвещать студентов о важности данных комплексов, так как их выполнение будет полезно не только людям, имеющим явные проблемы с когнитивными функциями, но и тем, кто таких проблем не имеет, для профилактики процессов старения головного мозга.

## Список источников

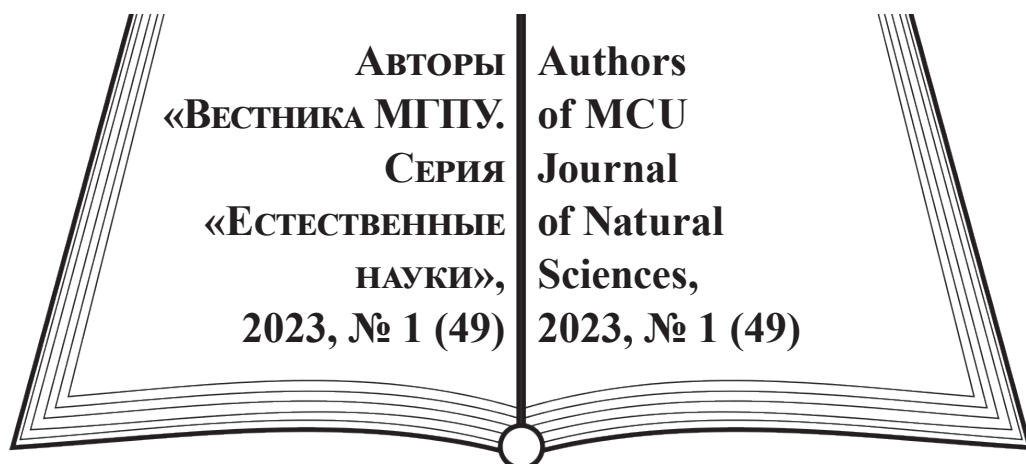
1. Бобкова С. Н. Влияние перенесенной коронавирусной инфекции на психофизическое состояние студентов / С. Н. Бобкова, М. В. Зверева, В. А. Шалабодина // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77–4. С. 375–377. EDN ILCHFJ.
2. Кац Л. Нейробика: экзерсисы для тренировки мозга / Л. Кац, М. Рубин. Минск: Попурри, 2014. 159 с.
3. Шалабодина В. А. Факторы влияния на течение постковидного синдрома у студентов / В. А. Шалабодина, А. Н. Налобина // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2022. № 3. С. 37–39.

4. Carod-Artal F.J. Post-COVID-19 syndrome: epidemiology, diagnostic criteria and pathogenic mechanisms involved / F J. Carod-Artal // *Rev Neurol*. 2021. Vol. 72, is. 11. P. 384–396.
5. Ceravolo M. G. Rehabilitation and COVID-19: the Cochrane Rehabilitation 2020 rapid living systematic review / M. G. Ceravolo, C. Arienti, A. de Sire, E. Andrenelli et al. // *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020. Vol. 56. P. 642–651.
6. Dong E. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time / E. Dong, H. Du, L. Gardner // *Lancet Infect Dis*. 2020. Vol. 20, is. 5. P. 533–534.
7. Shah W. UK guidelines for managing long-term effects of COVID-19 / W. Shah, M. Heightman, S. O'Brien // *Lancet*. 2021. Vol. 397, is. 10286. P. 1706.

### References

1. Bobkova S. N. The impact of the coronavirus infection on the psychophysical state of students / S. N. Bobkov, M. V. Zverev, V. A. Shalabodin // *Problems of modern pedagogical education*. 2022. № 77–4. P. 375–377. EDN ILCHFJ.
2. Katz L. *Neurobika: exercises for brain training* / L. Katz, M. Rubin. Minsk: Potpurri, 2014. 159 p.
3. Shalabodina V. A. Factors of influence on the course of postcoid syndrome in students / V. A. Shalabodin, A. N. Nalobina // *Physical culture: education, education, training*. 2022. № 3. P. 37–39.
4. Carod-Artal F. J. Post-COVID-19 syndrome: epidemiology, diagnostic criteria and pathogenic mechanisms involved / F J. Carod-Artal // *Rev Neurol*. 2021. Vol. 72, is. 11. P. 384–396.
5. Ceravolo M. G. Rehabilitation and COVID-19: the Cochrane Rehabilitation 2020 rapid living systematic review / M. G. Ceravolo, C. Arienti, A. de Sire, E. Andrenelli et al. // *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020. Vol. 56. P. 642–651.
6. Dong E. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time / E. Dong, H. Du, L. Gardner // *Lancet Infect Dis*. 2020. Vol. 20, is. 5. P. 533–534.
7. Shah W. UK guidelines for managing long-term effects of COVID-19 / W. Shah, M. Heightman, S. O'Brien // *Lancet*. 2021. Vol. 397, is. 10286. P. 1706.





**Анискина Мария Валерьевна** — кандидат биологических наук, доцент, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Aniskina Maria Valerievna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

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

**Выродов Иван Владимирович** — старший преподаватель, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Vyrodov Ivan Vladimirovich** — Senior Lecturer, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

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

**Жукова Наталья Вячеславовна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Zhukova Natalia Vyacheslavovna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Human Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

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

**Загоскина Наталья Викторовна** — доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, руководитель группы фенольного метаболизма растений, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия.

**Zagoskina Natalya Viktorovna** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher, Head of the Plant Phenol Metabolism Group, K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia.

E-mail: nzagoskina@mail.ru

**Зубова Мария Юрьевна** — научный сотрудник, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия.

**Zubova Maria Yurievna** — physiologist of the K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia.

E-mail: mariaz1809@gmail.com

**Каирбекова Диана Муратовна** — студентка 5-го курса, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Kairbekova Diana Muratovna** — 5-year student, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: kairbekova.2017@gmail.com

**Кропова Юлия Геннадьевна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Kropova Yulia Gennadievna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Human Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: kropovayug@mgpu.ru

**Кукушкина Ольга Владимировна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Kukushkina Olga Vladimirovna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: kukushkina@mgpu.ru

**Малюкова Людмила Степанова** — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Субтропический научный центр РАН, Сочи, Россия.

**Malyukova Lyudmila Stepanova** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher, Subtropical Center of the RAS, Sochi, Russia.

E-mail: malukovals@mail.ru

**Маркова Ольга Ивановна** — кандидат географических наук, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

**Markova Olga Ivanovna** — Candidate of Geographical Sciences, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

E-mail: solntsevaolga1401@gmail.com

**Назаренко Людмила Владимировна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Nazarenko Lyudmila Vladimirovna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Human Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: nazarenkol@mgpu.ru

**Назарова Кристина Михайловна** — аспирант кафедры адаптологии и спортивной подготовки, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Nazarova Kristina Mikhailovna** — graduate student of the Department of Adaptology and Sports Subgroup, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: nkm19@yandex.ru

**Налобина Анна Николаевна** — доктор биологических наук, профессор кафедры адаптологии и спортивной подготовки, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Nalobina Anna Nikolaevna** — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Adaptology and Sports Training, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: nalobinaan@mgpu.ru

**Резанов Александр Геннадиевич** — доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Rezanov Alexander Gennadievich** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: rezanovAG@mgpu.ru

**Резанов Андрей Александрович** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Rezanov Andrey Alexandrovich** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: rezanovAA@mgpu.ru

**Ховрин Аркадий Николаевич** — кандидат педагогических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Khovrin Arkady Nikolaevich** — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Physiology, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

E-mail: [hovrin.a@mgpu.ru](mailto:hovrin.a@mgpu.ru)

**Шалабодина Виктория Андреевна** — ассистент кафедры адаптологии и спортивной подготовки, Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

**Shalabodina Viktoriya Andreevna** — Assistant, Department of Adaptology and Sports Training, Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University, Moscow, Russia.

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

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Уважаемые авторы!

Редакция просит вас при подготовке материалов, предназначенных для публикации в «Вестнике МГПУ», руководствоваться следующими требованиями.

1. Шрифт — Times New Roman, 14 кегль, межстрочный интервал — 1,5. Поля: верхнее, нижнее и левое — по 20 мм, правое — 10 мм. Объем статьи, включая список литературы, постраничные сноски и иллюстрации, не должен превышать 40 тыс. печатных знаков (1,0 а. л.). При использовании латинского или греческого алфавита обозначения набираются: латинскими буквами — в светлом курсивном начертании; греческими буквами — в светлом прямом. Рисунки должны выполняться в графических редакторах. Графики, схемы, таблицы нельзя сканировать.

2. Инициалы и фамилия автора набираются полужирным шрифтом в начале статьи слева; заголовок — посередине, полужирным шрифтом.

3. В начале статьи после названия помещаются аннотация на русском языке (не более 500 печатных знаков) и ключевые слова (не более 5). Ключевые слова и словосочетания разделяются точкой с запятой.

4. Статья снабжается пристатейным списком литературы, оформленным в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись», на русском и английском языках.

5. Ссылки на издания из пристатейного списка даются в тексте в квадратных скобках, например: [3, с. 57] или [6, т. 1, кн. 2, с. 89].

6. Ссылки на интернет-ресурсы и архивные документы помещаются в тексте в круглых скобках или внизу страницы по образцам, приведенным в ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка».

7. Рукопись подается в редакцию журнала в установленные сроки на электронном носителе, без указания страниц, в сопровождении двух рецензий (внутренней и заверенной внешней), оплаченной квитанции о полугодовой подписке на журнал «Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки» (индекс 80282 в подписном интернет-каталоге «Пресса России» ([www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)): 36810).

8. К рукописи прилагаются сведения об авторе (Ф. И. О., ученая степень, звание, должность, место работы, электронный адрес для контактов) на русском и английском языках.

9. Научные статьи, поступившие в редакцию, проверяются на наличие заимствований из открытых источников (плагиат). Проверка выполняется

---

с помощью интернет-ресурса: [www.antiplagiat.ru](http://www.antiplagiat.ru). Степень оригинальности должна составлять не менее 80 %.

10. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

В случае несоблюдения какого-либо из перечисленных пунктов автор по требованию главного или выпускающего редактора обязан внести необходимые изменения в рукопись в пределах срока, установленного для ее доработки.

Более подробные сведения о требованиях к оформлению рукописи можно найти на официальном сайте журнала: <https://iest-vestnik.mgpu.ru/>

По вопросам публикации статей в журнале «Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки» предлагаем обращаться к главному редактору серии **Александру Эдуардовичу Страдзе** (e-mail: [StradzeAE@mgpu.ru](mailto:StradzeAE@mgpu.ru)).

Научный журнал / Scientific Journal

**Вестник МГПУ.**

Серия «Естественные науки»

**MCU Journal of Natural Sciences**

**2023, № 1 (49)**

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации:  
ПИ № ФС77–82092 от 12 октября 2021 г.

**Главный редактор:**

директор Института естествознания и спортивных технологий МГПУ,  
доктор социологических наук *А. Э. Страдзе*

Главный редактор выпуска:

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник *Т. П. Веденеева*

Редактор:

*А. А. Сергеева*

Корректор:

*К. М. Музамилова*

Перевод на английский язык:

*Д. Р. Борисовец*

Техническое редактирование и верстка:

*О. Г. Арефьева*

**Научно-информационный издательский центр ГАОУ ВО МГПУ**

129226, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, д. 4

Телефон: 8-499-181-50-36

[https://www.mgpu.ru/centers/izdat\\_centre/](https://www.mgpu.ru/centers/izdat_centre/)

Подписано в печать: 18.04.2023 г.

Формат: 70 × 108 1/16. Бумага: офсетная.

Объем: 7 печ. л. Тираж: 1000 экз.