

ЮНЫЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2409-546X

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



6+

1

Часть II
2026

Юный ученый

Международный научный журнал

№ 1 (97) / 2026

Издается с февраля 2015 г.

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдраисов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектуры (Узбекистан)

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и. о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кочербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

<i>Иматиев М. У., Петрушков Ю. М., Амонбекова М. Х., Ахмедов М. М., Рахимов Р. И., Каримова А. А.</i>	
Энергия скрытого ядра.	61
<i>Коновалова Л. А., Джураева С. Ф.</i>	
Перспективы развития магниевых материалов в науке и промышленности.	66
<i>Сопич С. Д.</i>	
Влияние никеля на живые организмы.	69
<i>Тихомирова Н.</i>	
Качественное определение ионов кальция в молоке.	73
<i>Шерматов Е. О.</i>	
Изучение условий культивирования медузомицета (combucha) в домашних условиях.	74

БИОЛОГИЯ

<i>Атрошкина С. Р.</i>	
Изучение влияния почвенных поллютантов на активность инвазионных видов в Москве на примере клена ясенелистного (<i>Acer Negundo L.</i>)	79
<i>Беляй Я. А.</i>	
Динамика бактериального загрязнения контактных поверхностей в школьной среде при различных климатических условиях.	84
<i>Беляй Я. А.</i>	
Эффективность гигиенической обработки рук учащихся в условиях различной влажности и температуры.	87
<i>Кудрявцев В. М., Подлеснова Т. А., Рудоманенко Д. О.</i>	
Оценка эффективности различных способов обработки рук.	90
<i>Лионская А. С.</i>	
Учебная нагрузка, стресс и сон: оценка состояния подростков 13–17 лет.	94
<i>Маковский Д. Н.</i>	
Отличия зрения насекомых от зрения человека.	96
<i>Proskurnova M. R.</i>	
How do dental aesthetics affect the general health and emotional well-being?	102

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

<i>Абляз К. Т., Абляз А. Т.</i>	
Исследование аэродинамических свойств органов зрения перепончатокрылых насекомых.	108

ЭКОЛОГИЯ

<i>Губанова В. А.</i>	
Видовое разнообразие и оценка степени покрытия древесного ствола эпифитными лишайниками в районе ул. Енисейской г. Железнодорожского Красноярска.	117
<i>Милькова Д. В.</i>	
Школьная экспедиция в Антарктиду на тему «Экологические и этологические особенности антарктических пингвинов в условиях изменения климата»	120

ХИМИЯ



Энергия скрытого ядра

Иматшиев Мансур Умедович, учащийся 11-го класса;

Петрушков Юрий Михайлович, учащийся 11-го класса

Российско-таджикская средняя общеобразовательная школа Российско-Таджикского (Славянского) университета
(г. Душанбе, Таджикистан)

Амонбекова Малика Хираджоновна, студент

Российско-Таджикский (Славянский) университет (г. Душанбе, Таджикистан)

Ахмедов Мехрубон Манучехрович, учащийся 11-го класса

Среднее общеобразовательное учреждение № 8 г. Душанбе (Таджикистан)

Рахимова Раъно Ихтиёровна, учащаяся 11-го класса

Российско-таджикская средняя общеобразовательная школа Российско-Таджикского (Славянского) университета
(г. Душанбе, Таджикистан)

Каримова Аниса Азизовна, учащаяся 11-го класса

Лицей Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в Душанбе (Таджикистан)

Научный руководитель: *Хакимова Дильбар Кудратовна, кандидат химических наук, доцент*

Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Душанбе (Таджикистан)

Эта статья — о радиоактивных металлах, их открытии, получении и использовании в атомной энергетике.

Ключевые слова: уран, радиоактивность, эксперимент, открытие, ядро, атом, цепная реакция.

Уран. Открытие урана Мартином Генрихом Клапротом

Немецкий ученый Мартин Генрих Клапрот, открывший в 1789 году новый химический элемент, находился под влиянием недавнего астрономического открытия. В 1781 году английский астроном Вильям Гершель при наблюдении звездного неба с помощью самодельного телескопа обнаружил неизвестный ранее объект. Первоначально приняв его за комету, Гершель впоследствии установил, что наблюдает седьмую планету Солнечной системы, которую назвал Ураном в честь древнегреческого бога неба. Впечатленный этим событием, Клапрот дал своему новому элементу то же имя.

Получение металлического урана

Металлический уран впервые получил французский химик Эжен Мельхиор Пелиго в 1841 году. Промышленность не проявила интереса к этому тяжелому и относительно мягкому металлу. Его механические и химические характеристики не привлекли внимания металлургов и машиностроителей. Практическое применение нашли лишь соединения урана — богемские стеклотрубы и саксонские мастера фарфора использовали оксид урана для придания изделиям желто-зеленого цвета или создания бархатно-черных узоров.

Урановые соединения в древности

Декоративные свойства урановых соединений были известны еще в древности. При археологических раскопках близ Неаполя обнаружили стеклянную мозаичную фреску, сохранившую яркость красок на протяжении двух тысячелетий. Химический анализ показал присутствие в стекле оксида урана, обеспечившего долговечность мозаики. Таким образом, соединения урана находили практическое применение, в то время как чистый металл оставался невостребованным.

Проблема атомной массы урана

Научные представления об уране долгое время были неполными и часто ошибочными. В частности, его атомную массу определяли приблизительно как 120. При создании Периодической системы Д. И. Менделеев столкнулся с проблемой: по своим свойствам уран не соответствовал позиции, которую должен был занимать элемент с такой атомной массой. Вопреки мнению многих коллег, Менделеев принял новое значение атомной массы и переместил элемент в конец таблицы. Последующие исследования подтвердили правильность этого решения — атомная масса урана составляет 238,03.

Предвидение роли урана Менделеевым

Гениальность Менделеева проявилась и в предвидении особой роли урана в науке. В 1872 году, когда большинство ученых считали уран малозначимым элементом, создатель Периодической системы отметил его уникальность как элемента с наивысшим атомным весом. Менделеев предположил, что такая концентрация массы должна обуславливать выдающиеся свойства, и рекомендовал исследователям уделить особое внимание урановым соединениям.

Открытие радиоактивности Анри Беккерелем

Предсказание Менделеева сбылось менее чем через четверть века. В 1896 году французский физик Антуан Анри Беккерель, изучая соли урана, совершил одно из величайших научных открытий. Интересуясь явлением фосфоресценции, Беккерель решил использовать в экспериментах урановую соль. Он поместил на завернутую в черную бумагу фотопластинку металлическую фигуру, покрытую слоем урановой соли, и выставил конструкцию на солнечный свет для усиления фосфоресценции. После проявления пластинки ученый обнаружил на ней четкий силуэт металлической фигуры. Многократные повторения опыта давали неизменный результат, что положило начало исследованию радиоактивности.

Первое сообщение об открытии

24 февраля 1896 года на заседании Французской академии наук Беккерель доложил о своем открытии: фосфоресцирующее соединение урана при освещении испускает невидимые лучи, проникающие через непрозрачную бумагу и воздействующие на фотопластинку, восстанавливая соли серебра.

Случайное открытие истинной природы излучения

Через два дня ученый планировал продолжить эксперименты, но пасмурная погода помешала его планам. Без солнечного света фосфоресценция не могла проявиться, поэтому Беккерель убрал подготовленные диапозитивы вместе с образцами урановых солей в ящик стола, где они пролежали несколько дней. Когда 1 марта погода наконец улучшилась, исследователь достал материалы для продолжения работы. Однако, следуя научной педантичности, он решил проявить диапозитивы перед экспериментом, хотя логика подсказывала, что с ними ничего не могло произойти в темном ящике, ведь без света фосфоресценция невозможна.

Непредсказуемый результат

Результат проявки поразил ученого: на пластинках четко проступили черные силуэты образцов. Это наблюдение опровергало первоначальную гипотезу о связи излучения с фосфоресценцией. Беккерель провел дополнительные эксперименты с различными соединениями урана, включая те, которые не обладали способностью фосфоресцировать или длительное время хранились в темноте. Во всех случаях на фотопластинках появлялись изображения. У исследователя возникло предположение, что уран обладает свойством, подобным «невидимой фосфоресценции».

Свойства металлического урана

В этот период французский химик Анри Муассан разработал метод получения чистого металлического

урана. Беккерель, получив от коллеги образец уранового порошка, установил, что излучение чистого металла значительно интенсивнее, чем его соединений. При этом данное свойство сохранялось при различных условиях — как при сильном нагревании, так и при охлаждении до низких температур.

Научная добросовестность и признание открытия

Следуя принципам научной этики, Беккерель не спешил с публикацией новых данных, ожидая, когда Муассан представит результаты своих исследований. 23 ноября 1896 года на заседании Академии наук Муассан доложил о методе получения чистого урана, после чего Беккерель сообщил об открытом им свойстве этого элемента — самопроизвольном превращении атомов с выделением лучистой энергии. Это явление получило название радиоактивности.

Значение открытия Беккереля

Открытие Беккереля ознаменовало начало новой эры в физике — эры превращения элементов. Представление об атоме как о неделимой частице было опровергнуто, перед наукой открылся путь к изучению внутренней структуры материи.

Исследования супругов Кюри

Естественным продолжением исследований стал вопрос: является ли радиоактивность исключительным свойством урана или существуют и другие элементы с подобными характеристиками? Ответ на этот вопрос дали супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри. Используя прибор, сконструированный мужем, Мария Кюри исследовала множество металлов, минералов и солей.

Тяжелые условия лабораторной работы

Работа проводилась в крайне неблагоприятных условиях. Лабораторией служил заброшенный деревянный сарай в одном из парижских дворов. По воспоминаниям Марии Кюри, это был барак с асфальтовым полом и стеклянной крышей, плохо защищавшей от дождя. Оборудование состояло из старых деревянных столов, неэффективной чугунной печи и классной доски, которой часто пользовался Пьер. Отсутствие вытяжных шкафов для работы с вредными газами создавало дополнительные трудности в проведении исследований.

Недостаток ресурсов и поддержка Австрии

Условия работы были крайне тяжелыми. Из-за отсутствия вытяжных шкафов опыты с вредными газами приходилось проводить либо на улице в подходящую погоду, либо в помещении с открытыми окнами. В дневнике Пьера Кюри сохранилась запись о том, что некоторые исследования проводились при температуре всего шесть градусов выше нуля.

Серьезной проблемой было получение необходимых материалов. Урановая руда стоила дорого, и супруги Кюри не могли приобрести достаточное количество на свои скромные средства. Они обратились к австрийскому правительству с просьбой продать им по сниженной цене отходы руды, из которой в Австрии извлекали уран для окрашивания стекла и фарфора. При поддержке Венской академии наук несколько тонн отходов были предоставлены в их парижскую лабораторию.

Открытие полония

Мария Кюри работала с исключительным упорством. Многочисленные исследования подтверждали наблюдение Беккереля о том, что радиоактивность чистого урана превосходит активность его соединений. Однако в ходе дальнейших экспериментов было сделано неожиданное открытие: два урановых минерала — хальколит и смоляная руда Богемии — проявляли значительно более высокую активность, чем чистый уран. Это наблюдение привело к логическому выводу о присутствии в них неизвестного элемента с более высокой радиоактивностью. В честь родины Марии Кюри супруги назвали этот элемент полонием.

Открытие радия

Продолжение исследований привело к еще одному значительному открытию — был обнаружен элемент, в сотни раз превосходящий уран по радиоактивности. Ученые назвали его радием (от латинского «луч»).

Временный спад интереса к урану

Открытие радия временно отодвинуло уран на второй план научного интереса. Примерно сорок лет он не привлекал пристального внимания ученых и инженеров. В техническом энциклопедическом издании 1934 года даже утверждалось, что «элементарный уран практического применения не имеет». Однако всего через несколько лет представления о возможностях урана кардинально изменились.

Начало ядерной эры

В начале 1939 года появились два важных научных сообщения. Первое, направленное Фредериком Жолио-Кюри во Французскую академию наук, называлось «Экспериментальное доказательство взрывного расщепления ядер урана и тория под действием нейтронов». Второе, авторами которого были немецкие физики Отто Фриш и Лиза Мейтнер, опубликовал английский журнал «Природа» под заголовком «Распад урана под действием нейтронов: новый вид ядерной реакции». Оба сообщения описывали ранее неизвестное явление, происходящее с ядром урана.

Исследования группы Энрико Ферми

За несколько лет до этих публикаций ураном интересовалась группа молодых физиков, работавших под руководством Энрико Ферми в Римском университете. Их называли «мальчуганами» за молодость и энтузиазм. Основным направлением исследований группы была нейтронная физика, открывавшая новые горизонты в науке.

Загадка облучения урана нейтронами

Ученые установили, что при облучении нейтронами ядра элементов обычно превращаются в ядра следующего элемента Периодической системы. Возник закономерный вопрос: что произойдет при облучении нейтронами урана — последнего, 92-го элемента? Теоретически должен был образоваться 93-й элемент, не существующий в природе.

Неожиданные результаты опытов Ферми

Эксперимент был проведен, но результаты оказались неожиданными. В облученном уране обнаружилось не менее десятка радиоактивных элементов вместо одного предполагаемого. Энрико Ферми опубликовал

сообщение об этом в научном журнале, отметив, что, возможно, образовался 93-й элемент, хотя точных доказательств этому не было. При этом имелись свидетельства присутствия в облученном уране каких-то других элементов.

Опыты Ирен Жолио-Кюри

Дочь Марии Кюри, Ирен Жолио-Кюри, предприняла попытку разрешить эту загадку. Она повторила эксперименты Ферми и провела тщательный химический анализ урана после его облучения нейтронами.

Обнаружение лантана и бария

Результаты исследований Ирен Жолио-Кюри оказались неожиданными: в облученном уране был обнаружен лантан — элемент, расположенный примерно в середине таблицы Менделеева, значительно удаленный от урана. Когда немецкие ученые Отто Ган и Фридрих Штрассман повторили эти эксперименты, они выявили в уране не только лантан, но и барий, что еще больше усложнило загадку.

Теоретическое объяснение расщепления ядра

Ган и Штрассман поделились результатами своих опытов с известным физиком Лизой Мейтнер. Над урановой проблемой начали работать несколько ведущих ученых. В результате Фредерик Жолио-Кюри, а затем и Лиза Мейтнер пришли к одинаковому выводу: при попадании нейтрона ядро урана расщепляется на части. Это объясняло неожиданное появление бария и других элементов с атомной массой примерно вдвое меньшей, чем у урана.

Мировая сенсация

Новость об этом открытии произвела сенсацию в научном мире. Американский физик Луис Альварес, будущий лауреат Нобелевской премии, узнал об этом из газеты, находясь в парикмахерской. Прочитав заголовок «Атом урана разделен на две половины», он, к изумлению присутствующих, выбежал из заведения наполовину подстриженным, с салфеткой на шее, чтобы немедленно сообщить коллегам в Калифорнийском университете о потрясающем открытии.

Цепная реакция

Жолио-Кюри установил еще один важнейший факт: распад уранового ядра происходит в форме взрыва, при котором образующиеся осколки разлетаются с огромной скоростью. При расщеплении отдельных ядер выделяющаяся энергия лишь нагревала уран, но при массовом делении ядер могло высвободиться колоссальное количество энергии.

Проблема нейтронов и начало цепной реакции

Возник вопрос: где взять достаточное количество нейтронов для одновременной бомбардировки большого числа ядер урана? Известные источники нейтронов давали их во много миллиардов раз меньше необходимого. Решение пришло из самой природы процесса. Жолио-Кюри обнаружил, что при делении ядра урана из него вылетает несколько нейтронов. Попадая в ядра соседних атомов, они вызывают новые распады — возникает цепная реакция. Поскольку эти процессы происходят за миллионные доли секунды, выделение колоссальной энергии приводит к взрыву.

Роль изотопа урана-235

Второй путь состоял в обогащении урана изотопом-235. Природный уран содержит два основных изотопа с атомными массами 238 и 235. В ядре урана-238, который в сотни раз более распространен, содержится на три нейтрона больше. Уран-235, имеющий меньше нейтронов, активнее их поглощает и легче подвергается делению, чем уран-238. При определенных условиях уран-238, поглотив нейтрон, не делится, а превращается в другой элемент. Это свойство впоследствии использовалось для получения искусственных трансурановых элементов. Для цепной реакции такое поведение урана-238 оказывалось препятствием, прерывая процесс в самом начале. Чем выше в уране содержание изотопа-235, тем эффективнее протекает реакция.

Открытие самопроизвольного распада урана

Для возникновения цепной ядерной реакции необходим первый нейтрон — своеобразная «спичка», способная зажечь атомный «пожар». Обычные нейтронные источники могли выполнять эту функцию, но учёные стремились найти более удобный способ.

Такую «спичку» открыли советские физики Константин Петржак и Георгий Флеров.

Исследуя поведение урана в 1939–1940 годах, они установили, что ядра этого элемента способны распадаться самопроизвольно, без внешнего воздействия. Их выводы были подтверждены опытами, проведёнными в одной из лабораторий Ленинграда.

Эксперименты под землёй

Учёные предположили, что распад урана мог происходить под влиянием космических лучей, постоянно бомбардирующих Землю. Чтобы исключить это влияние, они решили провести эксперименты глубоко под землей, куда космические частицы не проникают.

Посоветовавшись с академиком Игорем Курчатовым, Петржак и Флеров выбрали для опытов станцию московского метро «Динамо», находящуюся на глубине 50 метров.

Туда, на плечах самих учёных, была доставлена аппаратура весом около трёх тонн. Мимо станции проходили поезда, тысячи людей спускались по эскалаторам, не подозревая, что рядом проходят эксперименты, значение которых впоследствии стало мировым.

Результаты подтвердили выводы ленинградских опытов: ядра урана действительно самопроизвольно распадаются.

Чтобы заметить это явление, требовалось исключительное мастерство: за один час распадается лишь один атом из 60 триллионов. Это открытие стало последним шагом, подготовившим человечество к осуществлению первой цепной ядерной реакции.

Путь Энрико Ферми и рождение цепной реакции

Следующий этап в истории урана связан с именем Энрико Ферми.

В конце 1930-х годов, спасаясь от фашистского режима, Ферми эмигрировал из Италии в США, где намеревался продолжить эксперименты по делению атомного ядра. Для этого требовались значительные средства, и убедить правительство в важности исследований помог Альберт Эйнштейн.

Он направил президенту США Франклину Рузвельту письмо, где писал:

«Последняя работа Э. Ферми и Л. Сцилларда позволяет надеяться, что элемент уран может быть превращён в новый источник энергии...»

После этого Рузвельт одобрил финансирование работ, положивших начало американской атомной программы.

Первый в мире ядерный реактор

В 1941 году жители Чикаго наблюдали необычное оживление на территории городского стадиона.

Под западной трибуной, на теннисных кортах, Ферми вместе с группой учёных строил первый в мире ядерный реактор. Работы продолжались день и ночь почти год.

2 декабря 1942 года наступило утро решающего эксперимента.

Учёные не спали всю ночь, снова и снова проверяя расчёты. Опасения были оправданными: стадион находился в центре города, и малейшая ошибка могла привести к катастрофе.

Перед началом опыта Ферми произнёс свою знаменитую фразу:

«Идёмте-ка завтракать».

После короткого перерыва эксперимент начался. Учёные напряжённо следили за приборами. И вдруг счётчики нейтронов начали часто щёлкать — цепная реакция пошла!

В 15:25 по чикагскому времени впервые в истории человечества загорелся управляемый атомный огонь, который длился 28 минут, а затем был остановлен по команде Ферми.

О завершении опыта сообщили условной фразой:

«Итальянский мореплаватель добрался до Нового Света».

Эти слова означали, что энергия атома была освождена и поставлена под контроль человека.

Тайные работы и создание атомной бомбы

Однако воля человека может быть разной.

В то время ядерная реакция рассматривалась прежде всего как путь к созданию атомного оружия.

Работы по этому направлению были продолжены в США в условиях строжайшей секретности.

Осенью 1943 года союзники вывезли из оккупированной Дании в США знаменитого физика Нильса Бора, чтобы привлечь его к исследованиям.

История его спасения вошла в легенды: под видом рыбака он добрался до Швеции с единственной бутылкой — как он думал, с тяжёлой водой, необходимой для реакторов. Однако по прибытии в Англию выяснилось, что он по ошибке взял бутылку с обыкновенным пивом.

Тем временем на заводах Ок-Риджа в штате Теннесси был получен первый образец урана-235, из которого создавалась атомная бомба. Его доставили в Лос-Аламос, где шла работа над оружием.

Учёные использовали вымышленные имена: Нильс Бор стал Николасом Бейкером, Энрико Ферми — Генри Фармером, а Юджин Вигнер — Юджином Вагнером.

После нескольких лет напряжённой работы проект был завершён.

6 августа 1945 года над японским городом Хиросимой вспыхнул гигантский атомный гриб, унеся десятки тысяч жизней.

Так величайшее достижение науки обернулось трагедией человечества.

Поворот к мирному атому

После войны перед учёными и мировым сообществом встал вопрос: как использовать энергию атома дальше?

Ответ был очевиден: теперь она должна служить во благо человечества.

Первый шаг на этом пути сделали советские физики под руководством Игоря Васильевича Курчатова.

27 июня 1954 года московское радио сообщило:

«В Советском Союзе успешно завершены работы по строительству первой промышленной атомной электростанции мощностью 5000 киловатт».

Так впервые по проводам пошёл ток, рождённый в недрах атомного ядра.

Это событие стало началом эпохи мирного использования урана и рождения ядерной энергетик.

Атомный флот и освоение Арктики

Через пять лет, в 1959 году, на воду был спущен первый в мире атомный ледокол «Ленин».

Чтобы его двигатели мощностью 44 тысячи лошадиных сил работали на полную мощь, требовалось всего несколько десятков граммов урана.

Это количество топлива заменяло тысячи тонн мазута, которыми приходилось снабжать обычные суда.

В 1974 году флот пополнился ещё более мощным ледоколом «Арктика» (75 тысяч лошадиных сил).

17 августа 1977 года он первым в истории достиг Северного полюса, преодолев льды Центрального полярного бассейна.

Позднее к нему присоединились ледоколы «Сибирь» и «Россия», продолжившие освоение Арктики.

Так уран стал топливом, открывшим новые горизонты мореплавания.

Развитие ядерной энергетики

С каждым годом доля урана в энергетическом балансе человечества увеличивалась.

В СССР была построена первая промышленная атомная электростанция с реактором на быстрых нейтронах, использующим не редкий уран-235, а распространённый уран-238.

В ходе реакции образовывался искусственный элемент плутоний-239, также способный делиться и служить источником энергии.

Академик Курчатов писал:

«Сожжёшь в топке уголь, а выгребёшь с золой ещё больше угля».

Так описывалась эффективность ядерных реакторов нового поколения.

Проблема радиоактивных отходов и будущее урана

Наряду с достижениями встала серьёзная проблема — уничтожение радиоактивных отходов.

Учёные предлагали разные способы: захоронение под землёй, опускание контейнеров на морское дно, а некоторые даже выдвигали идею отправлять отходы к Солнцу на космических кораблях.

Пока это слишком дорого, но в будущем подобные проекты могут стать реальностью.

Сегодня уже можно с уверенностью сказать, что уран — металл великого будущего.

Он открывает путь к космическим ракетам, подводным городам, искусственным островам и новым видам энергетики, обеспечивающим человечество на десятилетия вперёд.

Сказочные перспективы, которые ещё недавно казались фантастикой, становятся возможными благодаря урану — одному из самых удивительных металлов природы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уран // Большая российская энциклопедия. — <https://bigenc.ru>.
2. Радиоактивность // Википедия — свободная энциклопедия. — <https://wikipedia.org>.
3. Becquerel, A. Radioactivity Research Archive // Britannica.com. — <https://www.britannica.com>.
4. Rhodes, R. Создание атомной бомбы. — М.: АСТ, 2020. — 944 с. (Оригинальное название: The Making of the Atomic Bomb, 1986.)
5. Курчатов, И. В. Избранные труды. — М.: Атомиздат, 1970. — 368 с. Текст: непосредственный.
6. История развития ядерной энергетики // Научная Россия — ScientificRussia.ru. — <https://scientificrussia.ru>.

Перспективы развития магниевых материалов в науке и промышленности

Коновалова Лейла Артемовна, учащаяся 11-го класса
Среднее общеобразовательное учреждение № 20 г. Душанбе (Таджикистан)

Джураева Самира Фарходовна, учащаяся 11-го класса
ФГКОУ «Средняя общеобразовательная школа № 6» г. Душанбе (Таджикистан)

Научный руководитель: *Хакимова Дильбар Кудратовна, кандидат химических наук, доцент*
Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Душанбе (Таджикистан)

Одной из главных задач, над которой ломали голову «исследователи» средневековых алхимических лабораторий, был поиск мифического философского камня. С его помощью надеялись раскрыть секрет превращения простых металлов в золото. Алхимики работали в разных направлениях, предлагая собственные способы. Эта статья — о магии, его открытии, свойствах и применении.

Ключевые слова: металл, магний, элемент, руда, свойства, история.

Некоторые искатели философского камня полагали, что ключом к успеху станет свинец: его требовалось довести до расплава, превращая в так называемого «красного льва», после чего долго выдерживать в перебродившем виноградном спирте. Иные уверяли, что основой должна быть моча животных, а сторонники третьей версии видели первоисточник загадки в обычной воде.

В конце XVIII столетия один английский алхимик, придерживавшийся идеи «водного пути», выпаривая грунтовую воду возле Эпсому, получил не мифический камень, а горькую соль с выраженным слабительным эффектом. Спустя время обнаружили, что при смешении с «постоянной щёлочью» она превращается в лёгкий белый порошок. [1]

Схожий порошок образовывался, когда нагревали минерал, который был найден возле древнегреческого города Магнесий. Из-за большого сходства этот порошок начали называть белой магнезией. Далее в 1808 году, Гемфри Дэви, изучив этот материал, нашел новый элемент под именем магний. Открытие этого элемента не проходило эффектно, так как раньше не знали о том, что он может так ярко гореть.

Магний представляет собой крайне легкий металл с характерным светлым, почти серебристым блеском. По массе он значительно уступает меди и железу — примерно в пять раз, а даже алюминий оказывается заметно тяжелее. Хотя плавится магний при примерно 650 °С, получить расплав затруднительно: уже около 550 °С на открытом воздухе металл мгновенно загорается и сгорает ослепительным пламенем, что делает его особенно ценным материалом для пиротехнических составов.

Для поджигания магния не требуется сложных условий — достаточно поднести к металлу небольшой источник огня, и он мгновенно воспламенится. В среде хлора это происходит даже при обычной температуре. При горении магний выделяет мощный поток тепла и интенсивное ультрафиолетовое излучение: нескольких граммов хватает, чтобы довести до кипения стакан холодной

воды. Эту особенность использовали специалисты Варшавского института, создав консервные банки с встроенным нагревателем из магниевой ленты.

Учёные из Варшавского института промышленной химии предложили необычное применение магнию: они встроили в консервные банки ленту из этого металла, которая начинала гореть сразу после вскрытия упаковки, быстро разогревая еду. Сам же магний на воздухе тускнеет почти мгновенно — поверхность покрывается плотной оксидной плёнкой, служащей естественным защитным барьером.

Магний отличается высокой реакционной способностью: он легко забирает хлор и кислород у многих веществ. Хотя металл устойчив к действию ряда кислот, щелочей, бензина и масел, морская вода быстро разрушает его. С холодной водой он почти не взаимодействует, однако при нагревании активно вытесняет из неё водород. [2]

Магний широко распространён в земной коре, лишь несколько элементов встречаются чаще. Учёные предполагают, что особенно много его содержится в нижних слоях мантии. Этот элемент входит в состав примерно двух сотен минералов, среди которых встречаются и редкие разновидности, напоминающие по свойствам лёгкую гибкую ткань.

В 1953 году на Дальнем Востоке шахтёры, прокладывая выработку в полиметаллическом месторождении, наткнулись на полость. Со свода пещеры свисала светло-серое пластичное «полотнище», напоминавшее мягкую замшу и отличавшееся необычайной лёгкостью. Образец отправили на исследование в Москву, где анализ показал: находка состоит главным образом из магнийсодержащего алюмосиликата — минерала палигорскита.

Минерал, относимый к асбестовой группе, был обнаружен в 1920-е годы на Урале академиком А. Е. Ферманом. За необычную мягкость и способность гнуться его прозвали «горной кожей». Экземпляр, найденный на Дальнем Востоке и хранящийся в Минералогическом музее, выделяется тем, что столь крупные пласты такого материала раньше нигде не встречались.

Основными видами магниевого сырья промышленность считает доломит, магнезит и карналлит. Металл производят двумя методами: электротермическим и электролитическим. Первый метод основан на восстановлении оксида магния различными реагентами. Второй — электролиз расплавленных солей — остаётся главным способом, позволяющим получать практически чистый магний.

Магния в морях и океанах столь много, что эти запасы фактически неисчерпаемы: в одном кубометре воды содержится около четырёх килограммов элемента. Общий объём превышает 6×10^{16} тонн. Чтобы исчерпать это количество за время с начала новой эры, пришлось бы извлекать миллион тонн магния каждую секунду — величина, очевидно, невозможная.

Даже в годы Второй мировой войны, когда потребность в магнии была особенно высокой, из морской воды удавалось получать лишь около 80 тысяч тонн металла ежегодно. Процесс извлечения достаточно несложен: морскую воду соединяют с известковым раствором, приготовленным из измельчённых раковин, в результате чего образуется магниевая взвесь. Её затем переводят в хлорид магния и уже из этого соединения получают металл методом электролиза. При этом образуются полезные побочные продукты — различные соли, хлор и очищенная вода.

Соленые озера также являются значительным источником магния. В России его рапа имеется в Крыму — в Сакском и Сасык-Ивашском озерах, а также в Поволжье, например, в озере Эльтон.

Огромные концентрации магниевых солей встречаются и в заливе Кара-Богаз-Гол, где их содержание достигает около трети объёма раствора.

Сам по себе магний слишком мягкий и хрупкий, поэтому в технике используют не чистый металл, а его сплавы. Наилучшие свойства показывают смеси магния с алюминием, цинком и марганцем: первые два компонента повышают прочность, марганец уменьшает риск коррозионного разрушения, а магний обеспечивает минимальный вес конструкций. В результате получаются материалы, которые ощутимо легче не только стали, но и традиционных алюминиевых сплавов.

В последние годы разработаны ещё более лёгкие магниеволитиевые материалы, которые открывают новые возможности в технике. Благодаря минимальному весу, именно магниевые сплавы очень заинтересовали авиаконструкторов, стремящихся уменьшить массу летательных аппаратов без потери прочности и эксплуатационных характеристик.

В середине 30-х годов в СССР создали опытный самолёт, получивший имя «Серго Орджоникидзе». Его особенностью было то, что почти весь корпус выполнили из необычайно лёгких магниевых сплавов. Лётные проверки машина прошла успешно и затем несколько лет использовалась в обычной эксплуатации. Позднее накопленные знания оказались крайне полезными — во время войны магниевые детали стали применять при выпуске авиационных узлов: от элементов шасси до корпусов приборов.

Для ракетной техники магний также стал важным материалом: сплавы с большой теплоёмкостью позволяют

наружным панелям аппаратов нагреваться значительно меньше, чем аналогам из стали. Лёгкие магниевые материалы давно нашли применение в автомобилестроении, производстве текстиля, печатных машинах, радиоаппаратуре и оптических устройствах.

В металлургии магний играет роль активного восстановителя: с его помощью получают такие металлы, как титан, ванадий, цирконий и хром. Он применяется и для раскисления сталей — снижает содержание кислорода, ухудшающего качество сплава. В расплавленный чугун магний вводят для модифицирования структуры, что повышает прочность и позволяет заменить стальные поковки более дешёвыми чугунными отливками.

Однако магний не желает самостоятельно погружаться в жидкий чугун — всплывает и воспламеняется, создавая опасные вспышки.

Решением стали специальные брикеты: смесь магния и вспененной основы прессуют вокруг стального стержня, который тянет брикет на дно расплава. Защитная оболочка сгорает, но не даёт металлу вспыхнуть, а стержень быстро растворяется.

Активность магния вдохновила инженеров на создание необычной антикоррозионной защиты для подводных конструкций. Если соединить магниевый лист с металлической основой через проводник и погрузить в воду, металл служит своего рода гигантским гальваническим элементом: магний постепенно разрушается, но при этом надёжно защищает сталь или железобетон. Именно так оберегают опоры промышленных сооружений в Каспийском море.

Магниевые сплавы нашли и дополнительное применение под водой. В Великобритании изготовили глубоководный скафандр из магниевых материалов, способный выдерживать огромные давления. В будущем подобные лёгкие и прочные конструкции пригодятся геологам, бурильщикам и монтажникам, работающим на дне морей при добыче полезных ископаемых.

Способность магния гореть слепящим белым пламенем долгое время делала его незаменимым в военных осветительных устройствах: сигнальных ракетах, трасирующих боеприпасах, зажигательных бомбах. Ещё недавно магниевый порошок применяли фотографы — мгновенная яркая вспышка освещала лицо снимаемого. Теперь его вытеснили мощные лампы-вспышки.

Роль магния выходит далеко за рамки промышленности. Он является жизненно важным компонентом хлорофилла — пигмента, который позволяет растениям улавливать солнечную энергию. Благодаря магнию, световая энергия преобразуется в химическую: вода и углекислый газ превращаются в питательные вещества, такие как сахара и крахмал. Без этого элемента фотосинтез просто невозможен.

Фотосинтез сопровождается выделением кислорода — того самого, которым дышат животные и человек. Таким образом, вклад магния выходит далеко за пределы промышленности: без него не существовала бы зелёная масса растений и, следовательно, жизнь на Земле в привычном для нас виде. Этот скромный металл оказывается частью глобальных энергетических процессов планеты.

Масштаб присутствия магния поражает: только в хлорофилле всех растений планеты его содержится около 100 миллиардов тонн.

Этот элемент есть почти во всех живых организмах. У человека массой 60 кг примерно 25 граммов составляет магний.

Учёные подчёркивают его жизненно важное значение для здоровья и роста.

В середине 60-х американские исследователи из Миннесотского университета изучали прочность яичной скорлупы. Они выяснили: чем больше магния в рационе кур, тем прочнее скорлупа.

Практическое значение очевидно — ежегодные потери яиц в штате достигали миллионов долларов, и коррективки питания помогала экономить средства.

Магний широко применяется в медицине.

Сульфат магния (так называемую «английскую соль») используют как мягкое слабительное. Жжёная магнезия снижает кислотность желудка, помогает при изжоге и отравлениях кислотами. Пероксид магния применяется для дезинфекции пищеварительного тракта.

Жители жарких широт обычно реже сталкиваются с сосудистыми спазмами, чем люди, живущие в холодном климате, и исследователи связывают это с уровнем магния в организме. Препараты с его солями, вводимые в мышцы или вену, способны быстро уменьшать судорожные реакции. Существенную долю магния человек получает с пищей — больше всего его содержится в персиках, абрикосах и соцветиях цветной капусты.

В странах Азии, где пища богата магнием, сердечно-сосудистые заболевания встречаются реже, чем в Европе и США.

Английские медики рекомендуют ежедневно съедать четыре банана — это покрывает около половины суточной нормы магния (0,3–0,5 грамма). Опыт венгерских учёных показал: недостаток элемента повышает риск инфаркта у животных.

В экспериментах у собак с малым количеством магния в рационе диагностировали инфаркты миокарда, тогда как животные с полноценным питанием оставались здоровыми. У нервных людей сердце страдает чаще: при стрессовой реакции магний расходуется, что приводит к спазмам. Французские биологи предполагают, что элемент поможет бороться с переутомлением.

Учёные установили, что у людей, испытывающих сильную усталость, уровень магния в крови заметно снижен по сравнению с теми, кто чувствует себя энергичным. Даже небольшое уменьшение его концентрации отражается на общем самочувствии. Интересно и другое: у животных магний вместе с кальцием способен влиять на пол будущего потомства — преобладание этих элементов в рационе матери чаще приводит к появлению самок, тогда как избыток калия увеличивает вероятность рождения самцов.

Сфера применения магния далеко не ограничивается лечебными нуждами. Оксид этого элемента широко используют в промышленности — он необходим и при производстве резины, и при создании цемента, и при изготовлении термостойких кирпичных материалов. Канадские исследователи разработали новый ог-

неупорный состав, который отличается повышенной прочностью и минимальной пористостью. Его ключевой компонент — особо чистый оксид магния, устойчивый к шлакам и способный выдерживать крайне высокие температуры.

Даже бытовая техника косвенно связана с этим элементом. Магний помогает справляться с нагревом деталей и обеспечивает надёжность работы. Каждый раз, включая радиоприёмник или телевизор, мы замечаем, что устройствам нужно время для прогрева — и это тоже часть физических процессов, где лёгкие и прочные металлы играют важную роль.

Чтобы решить проблему медленного запуска радиоламп, польские учёные предложили покрывать катоды тонким слоем оксида магния. Благодаря этому лампы начинали работу практически мгновенно, избавляя пользователей от привычной задержки при включении приборов.

В 1867 году французский учёный Сорель разработал новый вид цемента, объединив прокалённый оксид магния с насыщенным раствором магнезиевого хлорида. На основе этого вяжущего вещества сегодня изготавливают лёгкие и огнестойкие строительные панели: например, фибролит на древесных стружках и ксилолит, получаемый из опилок.

Пероксид магния применяется для отбеливания тканей, сульфат — как протравка в текстильной и бумажной промышленности, а карбид магния используется для изготовления теплоизоляционных материалов. Таким образом, элемент охватывает широкий спектр промышленных отраслей.

В органической химии магний в порошковой форме применяют для удаления воды из спиртов и анилинов. Особенно ценны соединения, где магний напрямую соединён с углеродом — так называемые магниорганические вещества. Среди них алкилмагнигалогениды, известные как реактивы Гриньяра, стали важнейшими инструментами для синтеза множества органических соединений.

За разработку этих соединений в 1912 году французский химик Гриньяр получил Нобелевскую премию. Позже он писал, что магниорганические вещества подобны музыкальному инструменту: опытные руки химика могут извлечь из них новые и неожиданные «аккорды» реакций.

Деятельность магния в природе и промышленности крайне разнообразна. Академик А. Ф. Белов предсказывал, что к 2000 году магний станет одним из основных конструкционных металлов, после разработки методов защиты от коррозии.

Магниевого сплавы применялись на Луне: в автоматическом буровом устройстве станции «Луна-24» они обеспечивали лёгкость и прочность деталей. Для космического аппарата важно было минимизировать вес, чтобы снизить расход топлива, и одновременно гарантировать надёжность в экстремальных условиях.

Перед запуском устройство подвергли суровым тестам на Земле: бурение твёрдых пород, проверки в обычных климатических условиях, затем испытания в барокамере с имитацией вакуума, высоких и низких температур.

Температурный диапазон соответствовал лунной смене дня и ночи от +110 до — 120 °С.

Все испытания прошли успешно, а автоматическая станция, используя лёгкие и прочные титановые и маг-

ниевые сплавы, смогла добыть и доставить на Землю лунный грунт. Этот пример подчёркивает уникальные свойства магниевых материалов: лёгкость, прочность и надёжность даже в экстремальных условиях космоса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев, А. И. Магний и его сплавы: свойства, применение, технологии. — М.: Металлургия, 2003. — 368 с.
2. Венецкий, С. И. Рассказы о металлах / С. И. Венецкий. — ИД «Руда и Металлы», 2005. — 432 с.
3. Тупикин, Е. И. Химия металлов / Е. И. Тупикин. — 2-е изд. — Москва: Юрайт, 2025. — 93 с.

Влияние никеля на живые организмы

Сопич София Дмитриевна, учащаяся 9-го класса
ГУО «Гимназия № 12 г. Минска» (Беларусь)

Научный руководитель: Горбовец Елизавета Леоновна, учитель
Минский государственный областной лицей (Беларусь)

Никель представляет собой металлический элемент, который естественным образом встречается в земной коре. Из-за своих уникальных физико-химических свойств металлический никель, а также ряд его соединений находят применение в современной промышленности. Наряду с приносимой пользой, повышенный расход никельсодержащих продуктов неминуемо ведет к загрязнению окружающей среды никелем и его побочными продуктами на каждом из этапов производства, переработки, а также утилизации [12].

Функциональная нагрузка никеля и его биологическая роль сводятся к тому, что описываемый эссенциальный микроэлемент принимает участие в функционировании основных компонентов клетки, а именно РНК, ДНК и белков. Наряду с этим, никель фигурирует в структурной организации вышеперечисленного генетического материала, а также продуктов метаболизма клетки. Также выявлена роль никеля как посредника в обеспечении гормональной регуляции [16].

Ряд исследований утверждает, что металлический никель не имеет негативного влияния на здоровье человека и только лишь пыль и аэрозоли никеля и его соединений способны оказать вред здоровью [21]. Однако следует отметить, что, исходя из данных результатов многих исследований, ввиду своей структуры, поверхностные слои почвы имеют способность к аккумуляции некоторых опасных для человеческого здоровья веществ, в том числе и тяжелых металлов. К тому же, авторы ссылаются на обычно длительное пребывание людей в одной местности, на что следует обратить особое внимание в ракурсе возможного пролонгированного воздействия как определенного тяжелого металла на человека, так и их совокупности [11]. Кроме того, непосредственную опасность для живых организмов представляют также растворимые соединения никеля, ввиду их хорошей и относительно быстрой адсорбции в ЖКТ. ВОЗ установила допустимое суточное потребление никеля на уровне 0,005–0,025 мг/кг массы тела [3].

В качестве примера длительного воздействия никеля в почвах определенной местности, приведены некоторые статистические данные корреляций заболеваний и данного тяжелого металла. При этом объектами исследований послужили почвы, собранные на данной местности в период с 1995 по 2011 год. Так, проведенные исследования показали, что низкое содержание Ni в пахотных почвах может являться возможной причиной возникновения болезней крови, а также кроветворных органов [11]. Факт заболеваемости может быть обусловлен тем, что никель выступает в качестве индуктора фосфатидилсерина — органического соединения, функцией которого является стабилизировать мембрану эритроцита. Также одна из функций данного соединения заключается в его причастности к утилизации железа ввиду поддержания синтеза гемоглобина в эритроидных клетках.

Напротив, высокое содержание Ni в почвах способствовало развитию реактивных артропатий среди жителей определенных районов исследуемой местности. Следует отметить, что в ходе проведенных статистических исследований была выявлена обратная зависимость между содержанием никеля в почвах, а также количеством случаев возникновения новообразований у населения определенных районов исследуемой местности. Так, некоторые из описанных районов изучаемых участков земли значительно отличаются от всех высоким содержанием никеля в пахотных землях и пониженным уровнем выявления новообразований у жителей данных районов [20]. При этом авторы рассматривают возможность синергического и антагонистического взаимодействия металлов, и в конкретном случае никель потенциально расценивается как посредник в сохранении нормального протекания биохимических процессов в организме.

Таким образом, существует два основных пути поступления никеля в организм: при вдыхании или проглатывании. Необходимо подчеркнуть особую роль на-

капливания тяжелого металла в организме в различных формах при профессиональном воздействии, а также особой диеты в течение жизни человека. Ввиду того, что, в отличие от растений, никель не был расценен как важный элемент для человека, на сегодняшний момент его метаболизм в организме изучен не в полной мере и остается неясным [12].

Биохимические механизмы действия никеля в организмах

Никель играет существенную роль в функционировании ряда ферментов, включая не только уреазу, но и гидрогеназу, СО-дегидрогеназу и метилкоэнзим М редуктазу [17]. Особенно важно отметить, что никель является кофактором для восьми ферментов, обнаруженных в прокариотах, археобактериях и эукариотах. В бактериальных клетках никель участвует в метаболизме водорода, метана, углекислого газа и аммиака [15].

Механизм токсического действия никеля на клеточном уровне связан с его способностью замещать эссенциальные металлы в металлопротеинах и связываться с клеточными компонентами, содержащими кислород, серу и азот, такими как ферменты и нуклеиновые кислоты, тем самым нарушая их нормальное функционирование [16]. Исследования показывают, что никель может индуцировать окислительный стресс через генерацию активных форм кислорода (АФК), что приводит к повреждению клеточных структур, включая липиды, белки и ДНК [9].

Важно отметить, что никель способен проникать через клеточные мембраны несколькими путями. Основной путь поступления двухвалентного никеля в клетку — через кальциевые каналы, а также через специфические транспортеры металлов, такие как DMT1 (двухвалентный металлотранспортер 1) [9]. После проникновения в клетку, никель может накапливаться в различных органеллах, включая ядро, где он взаимодействует с ДНК и ядерными белками, что может привести к генотоксическим эффектам [14].

Влияние никеля на здоровье человека

Выявлены основные признаки неблагоприятного воздействия никеля на организм. К ним относится наиболее распространенная реакция — аллергия в виде контактного дерматита, в то время как хроническое воздействие может привести к ряду заболеваний, к которым относятся фиброз легких, заболевания почек, а также различные сердечно-сосудистые заболевания [16]. Так, при исследовании функциональной нагрузки никеля в развитии контактного дерматита, выявлено, что он стимулирует пролиферативный ответ, а также производство цитокинов Т-лимфоцитов у никель-чувствительных организмов в ходе экспериментов *in vitro* [23]. В то время как результаты, полученные в ходе экспериментов *in vivo* свидетельствуют об активации никелем иммунного ответа как у не аллергиков, так и у никель-сенситивных пациентов [12].

В основном аллергия на никель в виде контактного дерматита характерна не только для людей, контактирующих с данным веществом и его соединениями в виду своей профессиональной деятельности, но и для лиц с разными сферами профессиональной деятельности,

имеющих никельсодержащие предметы: к примеру, корпусы наручных часов, никельсодержащие ювелирные изделия, пряжки предметов гардероба и т. п. При этом начало контактного дерматита имеет свою клиническую картину в виде папулярной экземы кистей рук. Постепенно кожа поражается экземой, а на хронической стадии часто развивается лишай [23]. В ходе дальнейшего протекания чувствительности к никелю может наблюдаться развитие ряда сопутствующих заболеваний, таких, как конъюнктивит. Иногда никелевая сенсибилизация приводит к возникновению аллергических реакций на никельсодержащие имплантаты: зубные пломбы и скрепки, протезы сердечных клапанов. Следует отметить, что аллергический дерматит может возникнуть и благодаря употреблению воды или пищи с повышенным содержанием никеля [12].

Существует ряд данных о возникновении ринитов, синуситов и респираторных заболеваний при систематическом вдыхании никельсодержащей пыли или аэрозолей. Однако наиболее опасным является канцерогенный эффект никеля. Так, у группы рабочих риск возникновения рака легких и носовой полости является профессиональным. Исходя из анализа различных эпидемиологических исследований, Международное агентство по изучению рака (МАИР) в 1990 году пришло к следующему выводу: «Имеются достаточные основания считать сульфат никеля и сочетание сульфидов и оксидов его, применяемое в очистке никеля, канцерогенными для человека. Что же касается самого металлического никеля — чистого и в сплавах — данные на этот счет недостаточны» [16].

Экологические аспекты загрязнения никелем

Антропогенное загрязнение окружающей среды никелем представляет собой серьезную экологическую проблему. Основными источниками поступления никеля в окружающую среду являются металлургические предприятия, сжигание ископаемого топлива, производство никель-кадмиевых аккумуляторов и гальванические процессы [27]. По данным экологического мониторинга, концентрация никеля в почвах вблизи промышленных объектов может превышать фоновые значения в 10–100 раз [13].

Никель в почве может существовать в различных формах, включая обменную, связанную с органическим веществом, оксидами железа и марганца, а также в составе первичных и вторичных минералов. Биодоступность никеля в почве зависит от многих факторов, включая pH, содержание органического вещества, гранулометрический состав почвы и присутствие других элементов [2]. При низких значениях pH подвижность никеля увеличивается, что повышает его доступность для растений и риск вымывания в грунтовые воды.

В водных экосистемах никель может накапливаться в донных отложениях и биоте. Исследования показывают, что водные организмы, особенно моллюски и ракообразные, способны аккумулировать значительные количества никеля, что может приводить к биомагнификации в пищевых цепях [28]. Токсичность никеля для водных организмов зависит от его химической формы, при этом ионная форма Ni^{2+} считается наиболее токсичной [8].

Роль никеля в жизнедеятельности растений

Никель имеет большое значение для роста и развития растений. В ходе множества опытов показано, что растения ячменя не могут производить жизнеспособное зерно при недостатке данного тяжелого металла, что означает неспособность продолжения своего жизненного цикла. Этот факт обусловлен нарушением механизмов наполнения и созревания зерна у материнского растения, которое происходит после образования зародыша зерна [24]. На основании проводимых опытов является подтвержденной необходимость никеля для развития не только зерновых растений, но и для бобовых. Исходя из этого, ряд исследователей считает необходимым добавление никеля в перечень необходимых для роста всех растений микроэлементов [26].

Множество проведенных исследований дают основание для добавления никеля в список необходимых элементов для высших растений. Выявлен также механизм, благодаря которому Ni обеспечивает протекание определенных процессов в растительной клетке. Показано, что никель является важным элементом из-за своей функции как необходимой составной части гидролитического фермента уреазы, которая отвечает за гидролиз мочевины, что и является доказанной питательной функцией Ni [19].

Кроме того, следует отметить, что растения обладают способностью к биоаккумуляции катионов тяжелых металлов, в том числе и никеля. Различают три основные группы растений по способности накапливать тяжелые металлы: «растения-исключатели», которые накапливают загрязнители преимущественно корневой системой, «растения индикаторы», концентрация поллютантов в надземной части которых в разы превышает таковую в почве. Представители третьей группы — «растения-гипераккумуляторы» имеют крайне высокую способность накапливать соли тяжелых металлов в надземной биомассе растений (например, рапс, горчица, люпин, бархатцы) [10].

Методы детоксикации и снижения воздействия никеля

Для снижения негативного воздействия никеля на организм человека разработан ряд методов детоксикации. Хелатная терапия с использованием таких агентов, как ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота), ДМПС (2,3-димеркаптопропансульфонат) и D-пеницилламин, показала эффективность в удалении никеля из организма [25]. Эти хелатирующие агенты образуют комплексы с ионами никеля, способствуя их выведению с мочой.

В клинической практике для лечения аллергических реакций на никель используются топические и системные глюкокортикостероиды, антигистаминные препараты, а в тяжелых случаях — иммуносупрессивная терапия [23]. Для профилактики контактного дерматита рекомендуется избегать контакта с никельсодержащими предметами или использовать защитные барьерные средства.

В экологическом аспекте для снижения загрязнения окружающей среды никелем применяются различные

технологии очистки промышленных выбросов и сточных вод, включая физико-химические методы (осаждение, адсорбция, ионный обмен) и биологические методы (фиторемедиация, биосорбция) [5]. Особый интерес представляет использование гипераккумуляторов никеля — растений, способных накапливать в своих тканях высокие концентрации этого металла без видимых признаков токсичности. К таким растениям относятся представители родов *Alyssum*, *Berkheya* и *Psychotria* [6].

Современные методы определения содержания никеля в биологических образцах

Для точного определения содержания никеля в биологических образцах применяются различные аналитические методы. Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) остается одним из наиболее распространенных методов благодаря своей чувствительности и специфичности [3]. Для анализа никеля в тканях и биологических жидкостях также используются индуктивно-связанная плазменная масс-спектрометрия (ИСП-МС) и оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС), обеспечивающие более низкие пределы обнаружения [6].

Разработаны также электрохимические методы определения никеля, включая вольтамперометрию и потенциометрию с использованием ион-селективных электродов [22]. Эти методы отличаются простотой, низкой стоимостью и возможностью проведения анализа *in situ*.

Для визуализации распределения никеля в тканях применяются методы микроскопии, такие как энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС) и лазерная абляция с ИСП-МС [26]. Эти методы позволяют определить локализацию никеля на клеточном и субклеточном уровнях, что важно для понимания механизмов его токсичности.

Заключение

Никель является элементом с двойственной биологической ролью: с одной стороны, он необходим для нормального функционирования ряда ферментов и метаболических процессов, особенно в растениях и микроорганизмах; с другой стороны, избыточное поступление никеля может вызывать токсические эффекты, включая аллергические реакции, респираторные заболевания и канцерогенез [1, 21].

Современные исследования направлены на более глубокое понимание молекулярных механизмов действия никеля, его метаболизма в организме и разработку эффективных методов детоксикации. Особое внимание уделяется изучению взаимодействия никеля с другими металлами и микроэлементами, что может модифицировать его биологические эффекты [18].

Учитывая широкое промышленное использование никеля и растущее загрязнение окружающей среды этим металлом, необходимо дальнейшее изучение его влияния на экосистемы и здоровье человека, а также разработка новых технологий для снижения его негативного воздействия [1, 16, 27].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Авцын, А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Антониадис, В., Левизу Е., Шахин С. М. Микроэлементы в системе почва-растение: фитодоступность, транслокация и фиторемедиация // Почвоведение. 2018. № 5. с. 546–557.
3. Афонькина, С. Р., Даукаев Р. А. Сравнительная оценка содержания никеля в различных группах пищевых продуктов // Электронный научный журнал «Дневник науки». 2025. № 4
4. Африди, Х. И., Кази Т. Г., Брабазон Д., Нахер С. Определение микроэлементов в биологических образцах человека методом атомно-абсорбционной спектроскопии // Клиническая химия. 2019. № 90. с. 125–153.
5. Баракат, М. А. Новые тенденции в удалении тяжелых металлов из промышленных сточных вод // Химия окружающей среды. 2011. № 4. с. 361–377.
6. Беккер, Й. С., Матуш А., Ву Б. Биоимиджинг микроэлементов методом масс-спектрометрии — последние достижения и применения ЛА-ИСП-МС // Аналитическая химия. 2014. № 835. с. 1–18.
7. Бейкер А.Дж.М., Брукс Р. Р. Наземные высшие растения, гипераккумулирующие металлические элементы — обзор их распространения, экологии и фитохимии // Биовосстановление. 1989. № 1. с. 81–126.
8. Брикс, К. В., Кейтли Дж., ДеФорест Д. К., Лафлин Дж. Острая и хроническая токсичность никеля для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) // Экологическая токсикология и химия. 2004. № 9. с. 2221–2228.
9. Валко, М., Моррис Х., Кронин М. Т. Металлы, токсичность и окислительный стресс // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126, № 4. с. 407–419.
10. Винтоняк, В. А., Попова И. С. Особенности аккумуляции никеля в органах рапса и горчицы // Научно-агрономический журнал. 2025. № 3 (130). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-akkumulyatsii-nikelya-v-organah-rapsa-i-gorchitsy> (дата обращения: 10.11.2025).
11. Горбачев, А. Л., Добродеева Л. К., Теддер Ю. Р., Шацова Е. Н. Биогеохимическая характеристика северных регионов. Микроэлементный статус населения Архангельской области и прогноз развития эндемических заболеваний // Экология человека. 2007. № 1. с. 4–11.
12. Денкхаус, Е., Салников К. Эссенциальность, токсичность и канцерогенность никеля // Вопросы онкологии. 2003. Т. 49, № 2. с. 176–183.
13. Кабата-Пендиас, А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 2005. 439 с.
14. Каспшак, К. С., Сандерман Ф. В., Салников К. Канцерогенез, вызванный никелем // Молекулярная биология. 2004. Т. 38, № 1. с. 139–146.
15. Мулроуни, С. Б., Хаусингер Р. П. Поглощение и утилизация никеля микроорганизмами // Микробиология. 2004. Т. 73, № 2. с. 172–185.
16. Оберлис, Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
17. Рагсдейл, С. В. Никельсодержащие ферментные системы // Биохимия. 2010. Т. 75, № 12. с. 1620–1631.
18. Ревич, Б. А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гигиена и санитария. 1990. № 3. с. 55–59.
19. Серегин, И. В., Кожевникова А. Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 2. с. 285–308.
20. Синявская, О. А., Зайцева Н. В., Уланова Т. С. Элементный статус детского населения, проживающего в условиях экспозиции металлами (свинец, марганец, никель) // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 9. с. 8–11.
21. Скальный, А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
22. Сванкара, И., Приор С., Хочева С. Б., Ванг Й. Десятилетие с висмутовыми электродами в электроанализе // Электроанализ. 2010. № 13. с. 1405–1420.
23. Тиссен, Й. П., Менне Т. Аллергия на металлы — обзор воздействий, проникновения, генетики, распространенности и клинических последствий // Токсикология. 2010. № 2. с. 309–318.
24. Титов, А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
25. Флора С.Дж.С., Пачаури В. Хелатирование при интоксикации металлами // Международный журнал исследований в области общественного здравоохранения. 2010. № 7. с. 2745–2788.
26. Хачмёллер, О., Айхлер М., Швамборн К. Биоимиджинг элементов в образцах печеночной биопсии пациентов с болезнью Вильсона методом лазерной абляции с индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрией // Микроэлементы в медицине. 2016. № 35. с. 97–102.
27. Цемпель, М., Никель Г. Никель: обзор источников и экологической токсикологии // Экологическая химия. 2007. Т. 16, № 1. с. 45–53.
28. Эйслер, Р. Опасность никеля для рыб, диких животных и беспозвоночных: синоптический обзор // Экологическая токсикология. 1999. Т. 8, № 2. с. 87–97.

Качественное определение ионов кальция в молоке

Тихомирова Надежда, учащаяся 2-го класса

Научный руководитель: Иванова Юлия Вячеславовна, учитель начальных классов
МБОУ г. Астрахани «Средняя общеобразовательная школа № 23»

«Кальций» в переводе с латинского языка — «мягкий камень», «известь». Название металлу «кальций» было предложено английским химиком Хемфри Деви, впервые выделившим этот металл в 1908 г.

Кальций встречается в природе в виде известных всем соединений:

- известняк — прекрасный строительный камень, сырьё для получения цемента, гашеной и негашёной извести, стекла;
- мел — это школьные мелки, зубная паста, его используют для получения побелки, бумаги, резины;
- мрамор — это минерал скульпторов и архитекторов, он встречается в природе гораздо реже.

Довольно широко распространены такие минералы кальция, как гипс, флюорит, доломит. Кроме этого, в виде солей кальций присутствует в природной воде, обуславливая её жёсткость. Соединения находятся практически во всех животных и растительных организмах. На долю кальция приходится 3,38 % массы земной коры (5-ое место после кислорода, кремния, алюминия и железа).

Молоко — важный источник кальция и фосфора. 78 % кальция молока представлено неорганическими солями, 22 % соединено с белком казеином. Соединений кальция составляют 1/5 общего количества минеральных веществ молока.

Цель исследования — изучить способы получения и свойства карбоната кальция и качественным методом определить содержание ионов кальция в молоке.

Объект исследования: кальций и его соединения, молоко.

Опыт 1. Получение карбоната кальция и изучение его свойств.

В пробирку с раствором хлорида кальция CaCl_2 добавили раствор карбоната натрия Na_2CO_3 . Образовался осадок белого цвета.

Образовавшийся осадок раздели на две равные части. В одну добавили шесть капель раствора соляной кислоты HCl . В другую добавили шесть капель щелочи NaOH . Наблюдали растворение осадка.

Вывод: получили карбонат кальция — осадок белого цвета, растворимый в кислотах и щелочах.

Опыт 2. Качественное определение ионов кальция в молоке [1].

В стакан с молоком добавили раствор щелочи и индикатор (мурексид + хлорид натрия), размешали. Образовался подщелоченный раствор молока бледно розового цвета.

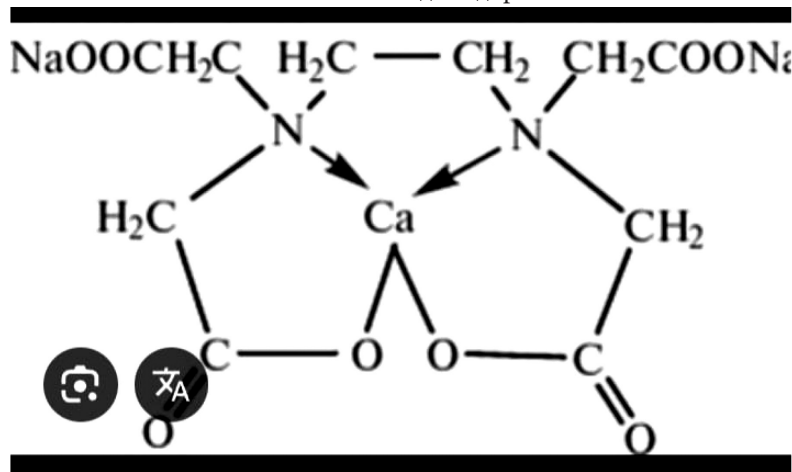
Образовавшийся раствор разделить на две равные части (отлили в стакан № 2). Стакан № 1 оставили для сравнения. В стакан № 2 добавляли по каплям раствор Трилона Б до изменения окраски от розового к фиолетовому.

Вывод: изменение окраски индикатора от розового к фиолетовому показывает о содержании ионов кальция в молоке.

Настоящая польза молока в том, что оно является основным поставщиком кальция и фосфора, без которых невозможны крепкие зубы и кости. Также эти микроэлементы участвуют в синтезе витаминов группы В, который способствует снятию стрессов и усталости, защищает кожу от прыщей и угревой сыпи, волосы от выпадения, а ногти от ломкости. Молоко содержит витамин D, который необходим для профилактики рахита у детей и поддержания в хорошем состоянии костей, а также участвует в синтезе фосфора и кальция. Витамин А, входящий в состав молока, улучшает зрение и хорошо влияет на внешний вид кожи, а фолиевая кислота поддерживает мышцы в тонусе.

В среднем человек нуждается в потреблении 0,6–1,1 г кальция в сутки. Он крайне важен для развития детского организма. При беременности и кормлении грудью суточная потребность увеличивается до 1,5–2 г.

Молоко, которое мы выбираем, должно содержать наибольшее количество солей кальция, так необходимых для здоровья человека.





ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ ISO 12081–2013 Молоко. Определение содержания кальция. Титриметрический метод.

Изучение условий культивирования медузомицета (combucha) в домашних условиях

Шерматов Евгений Олегович, учащийся 10-го класса

Научный руководитель: *Исаев Денис Сергеевич, кандидат педагогических наук, учитель химии*
Гимназия Тверского государственного медицинского университета (г. Тверь)

*Работа посвящена культивированию чайного гриба (медузомицет, kombucha) в домашних условиях (в отварах лекарственных трав, в различных сортах чая, в черном чае со столовым сахаром и различными сахарозаменителями).
Ключевые слова: медузомицет (kombucha) или чайный гриб, культивирование чайного гриба в домашних условиях, отвары лекарственных трав, сахарозаменители, сорта чая.*

Культура чайного гриба (ЧГ) интересна не только с точки зрения истории, но и с точки зрения науки, а также социально-экономических позиций. Он имеет много названий: комбуча, индийский ЧГ, медузомицет, небесный чай, чайный квас, «Hongo», фанго, японская губка (всего более 80 синонимов названия ЧГ). Общеизвестно потребление настоя ЧГ при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистых заболеваниях и т. д. Разные настои ЧГ имеют определенную специфику и оказывают различное влияние на организм [7].

В ходе работы выдвинута следующая гипотеза: активный рост ЧГ может быть обеспечен, если экспериментальным путем определить наиболее подходящие для этого условия — вид травяного отвара или сорт чая, наличие сахара или сахарозаменителя.

Цель работы: изучить различные условия культивирования ЧГ (медузомицета) в домашних условиях. **Объект исследования:** медузомицет. **Предмет исследования:** изменение биомассы медузомицета и значений pH раствора культуральной жидкости ЧГ в процессе его жизнедеятельности.

Задачами проводимого исследования являются: 1) *ознакомление с теоретическими вопросами темы исследования*; 2) *изучение культивирования ЧГ в различных травяных отварах*; 3) *определение наиболее «подходящего» подсластителя, благоприятно влияющего на культивирование медузомицета*; 4) *исследование жизнедеятельности медузомицета в различных сортах чая, в т. ч. с антидиабетическим эффектом*. **Методы исследования:** анализ литературных источников, наблюдение, описательный метод, эксперимент.

Вклад ученых в изучение чайного гриба

Для проведения литературного обзора по теме исследования изучили современные научные статьи, научно-популярные издания и авторефераты диссертационных исследований, опубликованных после 2000 года [1–11].

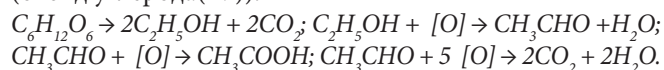
В книге Л. Т. Даниелян [4] приводится подробный анализ вклада учёных в изучение ЧГ. Л. Т. Даниелян и Г. А. Шакарян исследовали не только морфологию и биологию ЧГ, но и химический состав культуральной жидкости, её антибактериальную активность, токсичность, ряд фармакологических и лечебных свойств. Под руководством Л. Т. Даниелян подготовлены и успешно защищены пять диссертационных исследований по изучаемой проблематике [4, с. 31]: «Бактерицидин и его применение при кишечных заболеваниях молодняка» (А. Г. Нуразян); «Значение физико-химических факторов в образовании активных веществ в культуре чайного гриба» (А. О. Сукиасян); «Фармакологические характеристики действия бактерицидина (культуральной жидкости чайного гриба) на организм» (К. В. Шахбазян); «Действие антибиотиков на рост и развитие ягнят и их кишечную микрофлору» (М. А. Оганесян); «Влияние настоя «чайного гриба» (бактерицидина) на РЭС и заживление ран» (Г. П. Маркарян).

Химический состав и лечебные свойства настоя чайного гриба

ЧГ представляет собой не одно живое существо, а целую колонию. Медузомицет — это симбиоз дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) и, хотя бы двух видов уксуснокислых бактерий (*Acetobacter xylinum* и *Gluconobacter oxydans*). В результате их совместной работы, обычный чай обогащается полезными целебными свойствами.

Настой имеет очень сложный химический состав [4]: органические кислоты (уксусная, глюконовая, глюкуроновая, щавелевая, лимонная, яблочная, молочная, пировиноградная, койевая); этиловый спирт; витамины (аскорбиновая кислота, тиамин); ферменты (каталаза, липаза, протеаза, карбогидраза); липиды (стерины, фосфатиды, жирные кислоты); углеводы (моносахариды, дисахариды); пигменты (хлорофилл, ксантофилл); пуриновые основания из чайного листа; смолы и танины из чайного листа; антибиотические вещества. Кинетика изменения концентраций экзо-метаболитов в обычной воде представлена в работе Сотникова В. А. и Марченко В. В. [10]. В основе процесса — уксуснокислое брожение. Глюкоза превращается в этиловый спирт, а далее — в уксусный альдегид

и уксусную кислоту, в конечном итоге — углекислоту (оксид углерода(IV)):



В книге И. П. Неумывакина подробно описываются противопоказания и полезные свойства гриба, его применение в повседневной жизни [7]. Рогожин В. В. и Рогожина Т. В. отмечают возможность применения культуральной жидкости ЧГ в качестве консерванта [9], а А. Н. Гусев и др. предложили технологию получения кваса на основе ЧГ с добавлением экстракта мяты [3].

В книге Л. Т. Даниелян [4, с. 164–165] описывается лечебное действие напитка «Hongo»¹, приготовленного на основе культуральной жидкости ЧГ, при лечении различных заболеваний (повышенной кислотности желудка и язве, пищевых отравлениях, ангине, скарлатине, дифтерии, гнойных ран и фурункулах, лишае и герпесе, ожогах I и II степени, дизентерии, сальмонеллезе, колибактериозе, токсической и простой диспепсии, конъюнктивите, катаракте, гипертонии). Для людей с повышенным уровнем кислотности в желудке можно рекомендовать употребление напитка на основе ЧГ, предварительно нейтрализованного питьевой содой [4] (по нашим расчетам — примерно 1/3 чайной ложки соды на 0,5 стакана настоя).

Ю. М. Добрыня в диссертационном исследовании [5] отмечает, что использование зооглеи гриба позволяет создать недорогой препарат с комплексным действием (пребиотики, иммуномодулятор, сорбент).

Культивирование медузомицета в различных средах

Изучением влияния факторов окружающей среды (аэрация, объем питательной среды, температура) на активность культуральной жидкости занималась Даниелян Л. Т. и её научная школа [4, с. 48–50].

В статье [6] Зайнуллин Р. А., Кунакова Р. В., Гаделева Х. К. и др. рассматривают возможность выращивания ЧГ в различных средах, в т. ч. в отварах лекарственных трав.

Д. И. Юркевич в своем диссертационном исследовании [11] показал, что медузомицет способен быстро адаптироваться к различным условиям среды (например, к использованию дейтериевой воды D_2O). Исследователь помещал гриб из обычной воды в дейтериевую. Уже с первых часов было замечено, что стали образовываться дейтероизомеры этанола. Такая быстрая адаптация не была свойственна другим исследованным до сих пор организмам в дейтериевой воде. Ученый наблюдал замедленное процессов роста, что свойственно любому организму, помещенному в такой тип воды, однако скорость производства уксусной кислоты оставалась прежней.

В. В. Рогожин и Ю. В. Рогожин отмечают [8], что медузомицет можно длительно хранить при температуре +8°C без потери жизнеспособности (при возвращении оптимальных условий гриб полностью восстанавливается).

Практическая часть исследования

В практической части работы осуществляли измерение двух основных параметров: биомассу ЧГ (весы с точностью до 0,1 г) и кислотность настоя (при помощи pH-метра).

1 Сотников В.А., Марченко В.В. [10] и Адиатуллина И.Н., Волкова Л.В. [1] также описали технологические особенности приготовления напитка «Чайный гриб».

Методика проведения экспериментальной части работы:

- 1. В первый день измеряли начальную массу медузомицета (m_1 (ЧГ)) и кислотность приготовленного отвара (чая, травы и т. п.) (pH_1).
 - 2. Медузомицет помещали в банку с отварами трав (различными подсластителями и т. п.).
 - 3. Семь дней наблюдали за изменениями, которые происходят с ЧГ.
 - 4. На седьмой день измеряли биомассу гриба (m_2 (ЧГ)) и pH настоя (pH_2), а также рассчитывали изменение массы гриба, в % от исходного значения (Δm (ЧГ)) и изменение значения pH , в % от исходного (ΔpH). Данные заносили в таблицу.
 - 5. Далее тщательно промывали гриб в проточной воде, изменяли условия и повторяли эксперимент.
- Культивирование медузомицета в травяных отварах
- Для проведения эксперимента было выбрано 8 образцов лекарственных трав (бессмертника песчаного цветы, эвкалипт,

липт, валерьяны корневища, зверобой, липа, чабрец, календула, пустырник). Далее готовился отвар (на 100 мл воды брали 1 столовую ложку сухой травы), в котором уже был растворен сахар, так как при попадании крупинок сахара или чаинков, гриб получает ожог и погибает. Для приготовления каждого отвара использовалось по десять чайных ложек сахара. Как известно, настои лекарственных трав имеют специфические особенности. Это объясняло поведение ЧГ: в одних случаях наблюдался прирост биомассы, в других случаях — наоборот, потеря веса при уменьшении кислотности. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Культивирование медузомицета в различных сортах чая, в т. ч. обладающих антидиабетическим эффектом

Для проведения эксперимента было выбрано 5 образцов чая (зеленый, черный, ройбуш и антидиабетические чаи: «Жемчужный чай («Хубад Сай»)» и «Арфазетин Э»). Отвары из всех сортов чая готовили аналогично отварам трав (с добавлением сахара). Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 1. Результаты изучения жизнедеятельности ЧГ в отварах лекарственных трав

Лечебные травы	m_1 (ЧГ), г	m_2 (ЧГ), г	Δm (ЧГ), в %	pH_1	pH_2	ΔpH , в %
Эвкалипт	68,4	70,2	+2,6	6,1	4,7	-23,0
Бессмертник песчаного цвета	115,2	120,1	+4,3	4,4	4,9	+11,4
Валерьяны корневища	117,8	111,7	-5,2	3,6	4,8	+33,3
Зверобой	67,0	69,0	+3,0	6,3	4,6	-27,0
Липа	111,7	123,6	+10,7	7,6	4,7	-38,2
Чабрец	69,0	62,8	-9,0	7,5	4,8	-36,0
Календула	70,3	74,2	+5,5	7,7	5,0	-35,1
Пустырник	121,0	143,0	+18,2	7,5	4,8	-40,0

Таблица 2. Результаты изучения жизнедеятельности ЧГ в отварах чая

Отвары трав и чаи	m_1 (ЧГ), г	m_2 (ЧГ), г	Δm (ЧГ), в %	pH_1	pH_2	ΔpH , в %
Жемчужный чай «Хубад Сай» (антидиабетический фиточай)	41,7	56,1	+34,5	8,9	4,8	-46,0
«Арфазетин-Э» (противо-гликемический сбор)	173,3	186,4	+7,5	7,6	4,8	-36,8
Ройбуш	74,2	71,0	-4,3	7,2	4,9	-31,9
Зеленый чай	143,0	129,2	-9,6	8,1	4,6	-43,2
Черный чай	123,6	116,9	-5,4	6,8	5	-26,4

Культивирование медузомицета в среде черного чая с различными сахарозаменителями

Эксперимент проводили с использованием столового сахара и 5 образцов подсластителей (фруктоза, стевия, сорбит, сладис и сладкий сахар). Далее готовился отвар

черного чая, в который вносили необходимое количество подсластителя (использовали информацию на упаковке), предварительно растворенного в порции чая. Результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты изучения жизнедеятельности ЧГ в растворах сахара и подсластителей

Подсластитель (П)	m_1 (ЧГ), г	m_2 (ЧГ), г	Δm (ЧГ), в %	pH_1	pH_2	ΔpH , в %
столовый сахар (сахароза)	123,6	116,9	— 5,4	6,8	5,0	-26,5
фруктоза	129,2	158,8	+22,9	7,8	4,4	-43,6
стевия	74,9	94,2	+25,8	7,8	4,3	-44,9
сорбит	116,9	281,4	+140,7	7,6	4,9	-35,5

цикламат натрия «Сладис»	152,0	173,3	+14,0	7,5	4,4	–41,3
сладкий сахар (сахарин+сахар)	71,0	76,4	+7,6	7,5	4,8	–36,0

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- **изучена литература по теоретическим вопросам темы исследования:**
 - история происхождения ЧГ неизвестна, а первые упоминания о полезных свойствах медузомицета относят к V веку н. э.;
 - изучением ЧГ, его строением и свойствами нативной жидкости занималось более 50 как зарубежных, так и отечественных научных работников, включая проф. Л. Т. Даниелян и её научную школу;
 - медузомицет — симбиоз дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) и уксуснокислых бактерий (например, *Acetobacter xylinum* и *Gluconobacter oxydans*), а в основе процесса жизнедеятельности ЧГ — уксуснокислое брожение;
 - химический состав нативной жидкости ЧГ сложный — смесь органических кислот, этилового спирта, витаминов, ферментов, липидов, углеводов, пигментов, пуриновых оснований, смол и танинов из чайного листа, антибиотических веществ;
 - настой медузомицета (бактерицидин) используют в кулинарии и косметологии, а также для профилактики и лечения различных заболеваний;
 - ЧГ способен легко адаптироваться к неблагоприятным условиям среды за счет внутреннего резерва метаболитов, но оптимальная температура роста ЧГ — 25–30°C;
- **установлено, что культивирование ЧГ в отварах лекарственных трав способствует максимальному приросту биомассы ЧГ (при минимальном значении pH) при использовании отвара пустырника;**

- **определено, что наиболее «подходящим» подсластителем, благоприятно влияющим на культивирование медузомицета, можно считать сорбит и стевию (последнюю рекомендуется использовать лицам, страдающим сахарным диабетом, т. к. стевия менее калорийна);**
- **показано, что максимальный прирост биомассы ЧГ (при минимальном значении pH) наблюдается при использовании Жемчужного чая («Хубад Сай»), обладающего антидиабетическим эффектом.**

Перспективы дальнейшего исследования:

- а) изучение «выживаемости» чайного гриба (в различных средах; при различной температуре и освещении; в условиях высушивания и т. п.);
- б) исследование культивирования чайного гриба (в других травяных отварах, имеющих специальное медицинское назначение; в других сортах чая; в среде черного чая с другими сахарозаменителями; в кофейной среде; в растворах азотсодержащих неорганических и органических веществ; в различных условиях аэрации);
- в) определение влияния настоя чайного гриба на хранение некоторых продуктов питания (на примере компота);
- г) сравнение органолептических и некоторых физико-химических показателей промышленного напитка «Комбуча» и напитка чайного гриба, приготовленного в домашних условиях;
- д) проверка информации из сети Интернет о том, что чайный гриб погибает в присутствии мёда;
- е) изучение влияния систематического употребления напитка из настоя чайного гриба на уровень глюкозы в крови человека и т. п.

ЛИТЕРАТУРА:

- Адиатуллина, И. Н., Волкова Л. В. Чайный гриб // Вестник ПНИПУ. — 2023. — № 2. — с. 5–17.
- Алиева, Е. В., Болтачева К. М., Тимченко Л. Д. и др. Антибактериальный потенциал и перспективы использования чайного гриба // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2018. — № 4. — с. 166–171.
- Гусев, А. Н., Калужина О. Ю., Багаутдинов И. И. и др. Разработка технологии получения кваса на основе чайного гриба с добавлением экстракта мяты // Вестник КрасГАУ. — 2024. — № 4 (205). — с. 175–181.
- Даниелян, Л. Т. Чайный гриб (*Kombucha*) и его биологические особенности / Л. Т. Даниелян. — М.: Медицина, 2005. — 174 с.
- Добрыня, Ю. М. Экспериментальная оценка морфофункциональных показателей организма крыс и пребиотического действия при применении биологически активной субстанции на основе *Medusomyces gisevii*: диссертация... кандидата биологических наук: 06.02.01 / Добрыня Юлия Михайловна. — Ставрополь, 2019. — 108 с.
- Зайнуллин, Р. А., Кунакова Р. В., Гаделева Х. К. и др. Влияние условий культивирования чайного гриба на его функциональные свойства в пищевых профилактических напитках // Известия вузов. Пищевая технология. — 2010. — № 4. — с. 29–31.
- Неумывакин, И. П. Чайный гриб — природный целитель. Мифы и реальность. — СПб.: Изд-во «ДИЛЯ». — 2015. — 160 с.
- Рогожин, В. В., Рогожин Ю. В. Влияние низких положительных температур на жизнеспособность и продуктивность *Medusomyces gisevii* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2018. — № 2(160). — с. 59–65.

9. Рогожин, В. В., Рогожина Т. В. Использование глицерина и инокулят *Medusomyces gisevii* для консервации компотов // Современная наука Восточной Сибири. — 2019. — Выпуск 1(5). — с. 62–77.
10. Сотников, В. А., Марченко В. В. Напиток «Чайный гриб» и его технологические особенности // Пищевая промышленность. — 2014. — № 12. — с. 49–52.
11. Юркевич, Д. И. Метод ¹H ЯМР спектроскопии в исследовании экзометаболизма развивающихся микроорганизмов: автореферат диссертации... кандидата биологических наук: 03.00.02 / Юркевич Дмитрий Иосифович. — М., 2002. — 18 с.

БИОЛОГИЯ



Изучение влияния почвенных поллютантов на активность инвазионных видов в Москве на примере клена ясенелистного (*Acer Negundo* L.)

Атрошкина София Романовна, учащаяся 8-го класса

Научный руководитель: Воробьева Олеся Алексеевна, педагог дополнительного образования;

Научный руководитель: Воронова Галина Андреевна, учитель биологии

ГБОУ г. Москвы «Школа № 444»

Москва — крупнейший мегаполис нашей страны с населением более 11 млн человек. Быстрый рост населения и стремительное развитие промышленности ставят ситуацию с состоянием окружающей среды в нашем регионе грань экологического кризиса. Деятельность предприятий приводит к выбросу различных токсических продуктов, влияющих на городскую растительность (Саульская, 2015).

К числу основных факторов деградации природной среды относится ее загрязнение различными поллютантами, среди которых одно из лидирующих мест занимают тяжелые металлы (Титов и др., 2014). В районах г. Москвы и близлежащего Подмоскovie установлено превышение фонового содержания тяжелых металлов в почве (Водяницкий, 2013).

В крупных городах находится множество источников эмиссии загрязняющих веществ (ЗВ), поступление которых в почву и другие депонирующие среды могут иметь негативные последствия для состояния экосистем (Юзефович, Кошелева, 2009). Основными источниками загрязнения почв опасными тяжелыми элементами являются: аэральные выпадения из стационарных источников и средств передвижения; гидрогенное загрязнение от поступления промышленных сточных вод в водоемы; осадки сточных вод; органические и минеральные удобрения и средства защиты растений; отвалы золы, шлака, руд, шламов (Водяницкий, 2013). В последнее время резко возросла роль автомобильного транспорта в загрязнении среды произрастания многих видов растений. Почва в Москве загрязнена тяжелыми металлами: выявлено превышения ПДК по меди до 4,5 раза, по цинку до 3 раз (Аксенова и др., 1997).

Известно, что инвазивные виды используют большое количество приспособлений, чтобы адаптироваться в новых экосистемах. Одной из таких особенностей является способность производить аллелопатические соеди-

нения, которые могут напрямую или косвенно повлиять на соседние, местные, растения. В ходе метаанализа работ последних лет, у 51 % инвазивных видов растений наблюдалось такое явление, как аллелопатия (Kalisz, 2021).

Одним из наиболее распространенных и «успешных» чужеродных растений в нашей стране является клен ясенелистный (*Acer negundo*). Клен ясенелистный (*Acer negundo*) — один из представителей древесной растительности, который встречается на большей территории нашей страны. Во вторичном ареале *A. negundo* произрастает на антропогенно нарушенных территориях, для которых характерно загрязнение почв тяжёлыми металлами (ТМ). В последнее время вопрос о возможной взаимосвязи растительных инвазий с техногенным загрязнением почв широко обсуждается, в том числе в научных обзорах (Yand et al., 2007; Li et al., 2021; Воробьева и др., 2024). Кроме того, в ответ на действие стресс-факторов городской среды, в том числе ионов тяжёлых металлов, в растениях может расти содержание аллелохимических веществ (Гродзинский, 1965). На сегодняшний день вопрос о взаимосвязи количества аллелопатических веществ, выделяемых растениями и уровнем загрязнения почв подробно не исследовался. Таким образом, данное направления является актуальным на сегодняшний день.

В нашем исследовании мы провели анализ почв на содержание тяжелых металлов, а также провели исследование аллелопатической активности клена ясенелистного.

Методика исследования почв на поллютанты. Отбирали почвенный покров до глубины 30 см. Влажные почвенные пробы помещали в полиэтиленовые пакеты, к ним прилагали этикетку с указанием места взятия и датой. В лаборатории образцы почв квартовали 3–4 раза. Затем измельчали вручную в фарфоровой ступке и просеивали каждый образец через сито 1 мм. Почвенные вытяжки готовили на 1 н аммонийно-ацетатном буфере (рН = 4,8). Для поддержания постоянной ионной силы

раствора (2 моль/л) применяли 3 М KCl и 3 М NaNO₃. Методика подготовки почвы к анализу описана в работе (Атанасян, 2017).

Сбор образцов листьев. Листья клена ясенелистного (*Acer negundo*) были собраны в 4-х районах Москвы по уровню загрязнения, ссылаясь на карту загрязнения почвы Москвы. Нами были выбраны районы: Царицыно, Сокольники, Строгино, Лефортово с различным уровнем загрязнения максимальным, сильным, умеренным и слабым.

Листья собрали в июле 2025 года с деревьев *A. negundo* с выраженными видовыми признаками, произрастающих на открытых участках. Отбирали листья среднего размера без признаков повреждений вредителями и болезнями, с нижних ветвей, ориентированных на разные части света. В каждом месте сбора отбирали по 100 листьев с 10 хорошо развитых деревьев примерно одного возраста.

Приготовление мульчи. Листья клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) высушили до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Сухие листья измельчили до состояния муки и просеяли через сито с диаметром ячеек 5 мм. Для приготовления водных экстрактов использовалось соотношение 1:50 (объем/масса) с применением дистиллированной воды. Экстракция проводилась в темноте при комнатной температуре в течение 24 часов.

Тест-культура. В качестве биоиндикатора был выбран кресс-салат (*Lepidium sativum*) сорт Весенний. От других видов растений он выгодно отличается быстрым прорастанием семян и заметными морфологическими изменениями под действием стресс-факторов.

Биотестирование. В стерильную чашку Петри поместили 10 семян тест-культуры по 3 аналитических повторности в каждом варианте опыта. В каждую чашку внесли по 4 мл экстракта каждого вида. Опыт повторили дважды. Первые 3 дня прорастание семян фиксировали каждые 6 часов (72 часа), далее фиксирование прорастания осуществляли каждые 12 часов. В качестве контроля использовали аналитические повторности с дистиллированной водой.

Результаты и их обсуждения

Рост растений служит важным показателем их физиологического развития. Замедление темпов роста или его аномалии могут свидетельствовать о воздействии разнообразных стрессовых факторов, выявляемых визуально (Титов и др., 2014). В рамках исследования, посвященного изучению влияния аллелохимических соединений, в качестве параметров, характеризующих рост проростков кресс-салата, были выбраны длина корня и гипокотилия.

Все варианты экстрактов привели к ингибированию роста корня и гипокотилия в сравнении с водным контролем ($p \leq 0,05$). При этом экстракты клена из разных мест оказали схожее влияние на длину корня и гипокотилия: воздействие экстрактов из загрязненных районов приводило к ингибированию ростовых процессов частей растений сильнее, чем экстракты клена из чистых районов, образуя следующий ряд на основании средней длины корня/гипокотилия: Строгино > Сокольники > Царицыно > Лефортово (рис. 1, рис. 2).

Длина корня тест культуры под влиянием экстракта клена из Сокольники и Царицыно была меньше контроля приблизительно в 1,2–1,4 раза, Строгино в 1,1 раза, а в Лефортово наблюдается уменьшение длины корня в 2,1 раза в сравнении с контролем (рис. 1).

Влияние сильнозагрязненных почв в районах Царицыно и Лефортово на длину гипокотилия тест-культуры было выше в 1,6–1,8 раза в сравнении с контролем, в чистых районах наблюдалось меньшее воздействие на тест-культуру: длина гипокотилия была в 1,1–1,3 раза (рис. 2).

Другим из явных признаков нарушения физиологических процессов у растений под воздействием стрессовых факторов является ингибирование прорастания семян. Экстракт листьев из чистого района Строгино не оказывает никакого воздействия на абсолютную среднюю скорость прорастания семян ($p > 0,05$ в каждом случае, Dunn's test), в то время как экстракты из более загрязненных районов (Сокольники, Царицыно, Лефортово) приводят к угнетению показателя в 1,2–2,5 раза ($p < 0,05$ в каждом случае, Dunn's test) (рис. 3).

Влияние на период прорастания семян экстрактами клена из Строгино также практически не отличается от контроля ($p > 0,05$ в каждом случае, Dunn's test), в то время как семена под воздействием экстрактов клена из района Сокольники прорастают за меньшее количество времени, а из загрязненных районов (Царицыно и Лефортово) — за большее, в сравнении с контролем (рис. 4).

Полученные данные позволяют оценить степень влияния стрессовых факторов на жизнедеятельность семян и проростков кресс-салата.

3.2. Содержание тяжелых металлов в почве

Результаты вольтамперметрического анализа и ПДК тяжелых металлов в почвах представлены в таблице 1. Предельно допустимые концентрации тяжелых были взяты из установленного (по состоянию на 01.01.1991 г., Госкомприрода СССР № 02–2333 от 10.12.90 г.).

При сравнении полученных данных по содержанию основных ТМ в почве можно сделать вывод, что медь, цинк и свинец во всех образцах почвы не превышает ПДК, а кадмий превышает ПДК в 1,2 раза в районе Лефортово (таблица 1).

Для прослеживания изменений аллелопатической активности клена ясенелистного из разных районов и загрязнения почв по районам мы провели корреляционный и регрессионный анализы (рис. 5).

Коэффициент корреляции составил 0,59, что соответствует наличию заметной связи между аллелопатической активностью клена и уровнем содержания ТМ в почве.

Рассматривая полученные данные в совокупности, можно отметить, что самым чистым по содержанию ТМ районом является Строгино. В связи с этим мы не видим высокой концентрации ТМ и прослеживаем слабое аллелопатическое влияние клена ясенелистного (*Acer Negundo*). В районе Лефортово мы наблюдаем почти превышение ПДК тяжелыми металлами, и как следствие увеличение аллелопатического воздействия клена ясенелистного (*Acer Negundo*). Вероятно, данному явлению есть несколько объяснений. Возможно, тяжелые метал-

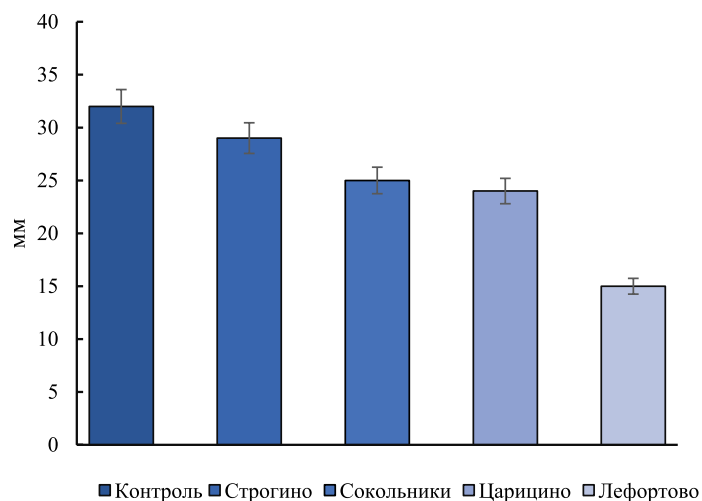


Рис. 1. Влияние экстрактов из листьев клена ясенелистного на длину корня проростков тест-культуры. Приведены средние значения с стандартной ошибкой. Разные литеры означают достоверную разницу при $p \leq 0,05$ согласно Тьюки-тесту

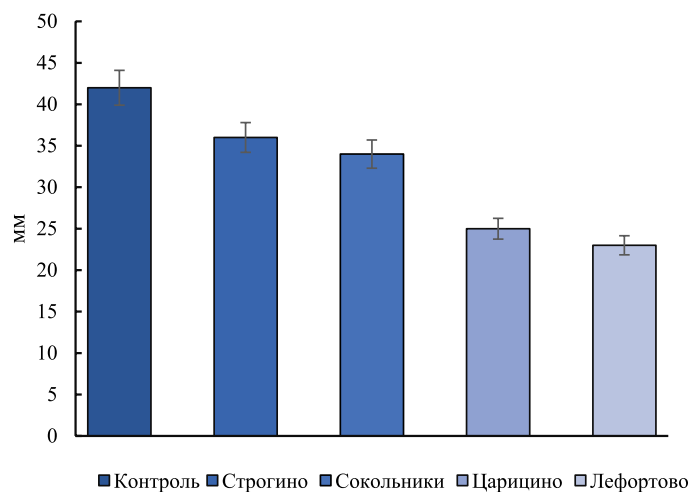


Рис. 2. Влияние экстрактов из листьев клена ясенелистного (*Acer Negundo*) на длину гипокотили проростков тест-культуры. Приведены средние значения с стандартной ошибкой. Разные литеры означают достоверную разницу при $p \leq 0,05$ согласно Тьюки-тесту

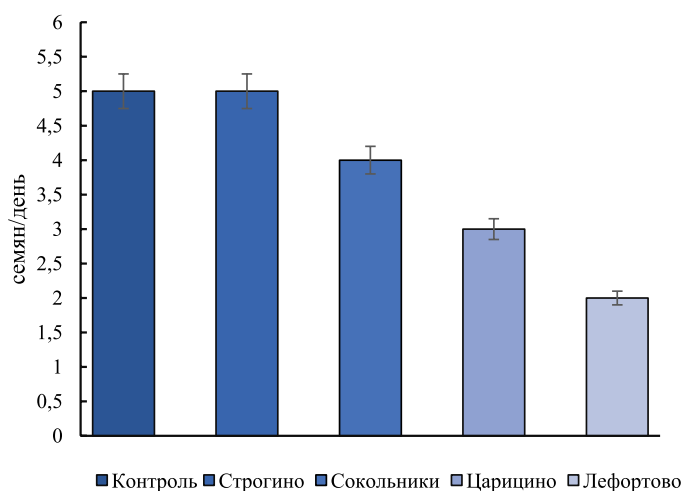


Рис. 3. Влияние экстрактов из листьев клена ясенелистного (*Acer Negundo*) на абсолютную среднюю скорость прорастания тест-культуры. Приведены средние значения с стандартной ошибкой. Разные литеры означают достоверную разницу при $p \leq 0,05$ согласно Тьюки-тесту

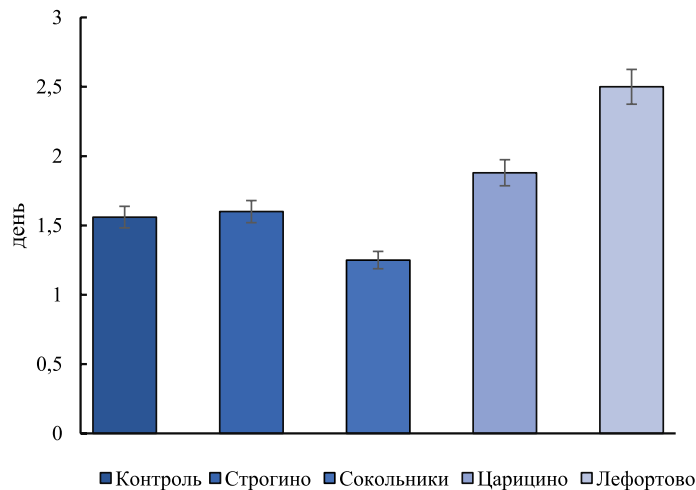


Рис. 4. Влияние экстрактов из листьев клена ясенелистного (*Acer Negundo*) на период прорастания тест-культуры. Приведены средние значения с стандартной ошибкой. Разные литеры означают достоверную разницу при $p \leq 0,05$ согласно Тьюки-тесту

Таблица 1. Результаты ИВА содержания тяжелых металлов в почве

Концентрация иона, мг/кг	ПДК в почве	Образцы почвы			
		Сокольники	Лефортово	Царицыно	Строгино
Cu	55	23,789±0,156	53±0,081	25±0,187	2,323±0,187
Zn	100	45,016±0,145	43±1,231	52±0,436	21,022±1,68
Cd	0,5	0,302±0,543	0,6±0,451	0,4±0,238	0,225±0,068
Pb	32	12,089±0,345	29±0,087	21±0,563	14,146±0,187

В таблице приведены значения со стандартной ошибкой

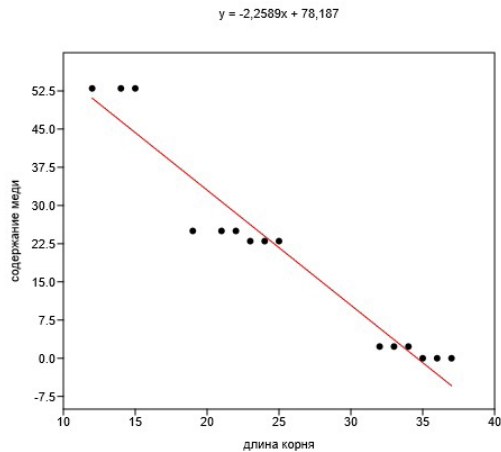


Рис. 5. Регрессионный анализ

лы проникли в листву растения и как следствие вызвали снижение ростовых показателей тест культуры. Вторым вероятным объяснением является усиление аллелопатических свойств инвазионного вида растения, что может служить одним из усиливающих факторов биологических инвазий. Таким образом, можно сделать вывод о том, что загрязнение почв тяжелыми металлами оказывает непосредственное влияние на аллелопатическую активность инвазионного вида растение. Данное явление представляет большой интерес для науки и требует дальнейшего изучения.

Выводы

- 1) Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод, что по содержанию ТМ и иных поллютантов в почве самым загрязненным районом является Лефортово (примерно 90 % от ПДК), при чем концентрация кадмия превышает ПДК на 20 %. Самым чистым районом является Строгино (концентрация металлов не превышает даже половину от ПДК).
- 2) Влияние загрязнения почв оказало воздействие на аллелопатическую активность клена ясенелистного

(*Acer negundo*). В условиях сильной антропогенной нагрузки активность аллелопатического воздействия клена увеличивается. Данное усиление аллелопатического воздействия клена ясенелистного (*Acer Negundo*) мы связываем с увеличением его аллелопатической активности на фоне загрязнения почв ТМ, или попаданием металлов в листья.

- 3) В экстрактах листьев загрязненных районов (Царицыно и Лефортово) мы можем наблюдать повышение аллелопатической активности и как

следствие, уменьшение длины корня в 1,5–2 раза, гипокотилия — в 1,6–1,8 раза. Экстракты листьев из более чистых районов не показывают почти никакого воздействия на длину вегетативных органов — уменьшение длины корня в 1–1,3 раза, гипокотилия — в 1,1–1,3 раза. Таким образом, можно утверждать, что загрязнение почв тяжелыми металлами оказывает прямое воздействие на аллелопатическую активность инвазивного растительного вида.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Атанасян, Т. К., Коницев В. С., Муравьева С. А. Загрязнение тяжелыми металлами почв московского региона // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. № 3. 2017. с. 42–50.
2. Виноградова, Ю. К., Майоров, С. Р., Хорун, Л. В. Чёрная книга флоры Средней России. — М.: Географгиз, 2009. — 512 с.
3. Кондратьев, М. Н., Ларикина Ю. С. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов (обзор) // Известия ТСХА. — 2018. — № 2. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36578963> (дата обращения: 17.04.2024).
4. Дубровин, Д. И., Веселкин Д. В., Гусев А. П. Видовое богатство растений и инвазионное вымирание в разных частях вторичного ареала *Acer negundo* L. // Леса. — 2023. — № 1. — с. 36–49.
5. Тельникова, Ю. В. Оценка аллелопатической активности клёна ясенелистного (*Acer negundo*) на рост проростков кресс-салата и томатов. 2018.
6. ГОСТ 33824–2016. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). Введен в действие 01.07.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200139401>
7. Водяницкий, Ю. Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. — 2014. — № 4. — с. 420. — DOI 10.7868/S0032180X14040108. — EDN RWZSJX.
8. О накоплении тяжелых металлов (ТМ) в почве и растениях / В. Ф. Мальцев, С. А. Бельченко, А. Е. Сорокин, С. В. Фесенко // Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне России: Научные труды, Брянск, 24–25 июля 2006 года / Ответственный редактор В. Ф. Мальцев. Том Выпуск 2. — Брянск: Брянская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. — с. 174–185. — EDN VYPIWJ.
9. Савинов, А. Б., Никитин Ю. Д., Ерофеева Е. А. Биоиндикационный аспект изменчивости листьев *Acer negundo* L. при загрязнении городских почв тяжелыми металлами // Проблемы региональной экологии. 2018. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsionnyy-aspekt-izmenchivosti-listiev-acer-negundo-l-pri-zagryaznenii-gorodskih-pochv-tyazhelymi-metallami> (дата обращения: 30.11.2025).
10. Калита, Г. А. Клен ясенелистный (американский) — современное состояние интродукции / Г. А. Калита, О. Н. Калита // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур: материалы VII международной научно-практической конференции, Хабаровск, 04 мая 2018 года / Тихоокеанский государственный университет. Том Выпуск 7. — Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2018. — с. 70–72. — EDN XPDLQD.
11. Vinogradova Yu., Pergl J., Essl F., Hejda M., van Kleunen M., Pyšek P. Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories // Biol. Invasions, 2018, v. 20, pp. 1931–1943
12. Kalisz, Susan, Kivlin, Stephanie N., Bialic-Murphy, Lalasia. Allelopathy is pervasive in invasive plants // Biological Invasions. — 2020. — Vol. 23. — Pp. 367–371.
13. Репан, Е. Ю. Влияние инвазионного вида недотроги железистой (*Impatiens glandulifera*) на флористическое разнообразие в парках Москвы / Е. Ю. Репан, О. А. Воробьева, Г. А. Воронова. — Текст: непосредственный // Юный ученый. — 2025. — № 11 (96). — с. 117–123. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/96/5260>.
14. Атрошкина, С. Р. Изучение особенностей проявления аллелопатической активности клена ясенелистного (*Acer negundo*) на фоне загрязнения почв в Москве / С. Р. Атрошкина, О. А. Воробьева, Г. А. Воронова. — Текст: непосредственный // Юный ученый. — 2025. — № 7 (92). — с. 44–47. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/92/5109>.

Динамика бактериального загрязнения контактных поверхностей в школьной среде при различных климатических условиях

Беляй Ярослав Александрович, учащийся 7-го класса

Научный руководитель: Шиман Татьяна Ивановна, учитель биологии
ГУО «Колодищанская средняя школа» (Минская обл., Беларусь)

В статье представлены результаты экспериментального исследования бактериального загрязнения контактных поверхностей (поверхность школьной парты) и динамики его изменения после обработки. Исследование проводилось в Республике Беларусь (22–24 °С, умеренная влажность) и в Демократической Социалистической Республике Шри-Ланка (30–34 °С, влажность до 98 %). Изучалось бактериальное загрязнение поверхности до обработки, сразу после обработки и через 5 часов после обработки. Эффективность оценивали по относительной площади бактериального роста на чашках Петри с использованием анализа изображений в программе ImageJ. Результаты показывают, что обработка поверхности резко снижает бактериальное загрязнение сразу после применения, но через 5 часов наблюдается восстановление бактериального роста, особенно в условиях высокой влажности.

Ключевые слова: контактные поверхности, бактериальное загрязнение, школа, антисептик, влажность, температура, ImageJ.

Введение

Контактные поверхности в школе (парты, столы, ручки дверей) — это объекты, к которым прикасается много людей в течение дня. Даже если поверхность выглядит чистой, на ней могут сохраняться микроорганизмы. Потом эти микроорганизмы попадают на руки, а дальше — на учебники, тетради и другие предметы. Поэтому обработка контактных поверхностей считается важной частью профилактики инфекций в образовательных учреждениях [1], [4].

По данным международных наблюдений, обеспечение условий для гигиены в школах (вода, мыло, средства для обработки и чистота помещений) рассматривается как один из базовых факторов безопасности детей [2]. При этом условия окружающей среды влияют на скорость восстановления бактериального загрязнения. При повышенной влажности и температуре микробам проще сохраняться и быстрее увеличивать численность, поэтому эффект обработки может быть менее устойчивым [1], [2].

В научной литературе подчёркивается, что оценивать эффективность гигиенических процедур важно не только по «качеству средства», но и по тому, какое состояние поверхности получается после обработки и как быстро оно меняется со временем [3]. Поэтому в нашем исследовании было важно измерить не только результат «сразу после обработки», но и через определённый промежуток времени (5 часов), чтобы увидеть, насколько устойчив эффект.

Цель и задачи исследования

Цель исследования — изучить динамику бактериального загрязнения контактных поверхностей в школьной среде в условиях различной температуры и влажности воздуха.

Задачи исследования:

- 1) определить уровень бактериального загрязнения контактной поверхности до обработки;

- 2) оценить уровень бактериального загрязнения сразу после обработки поверхности разными способами;
- 3) определить уровень бактериального загрязнения через 5 часов после обработки;
- 4) сравнить динамику бактериального загрязнения в условиях Республики Беларусь и Шри-Ланки;
- 5) сделать выводы о том, насколько устойчив эффект обработки поверхности в разных климатических условиях.

Объект и предмет исследования

Объект исследования: контактные поверхности школьной среды (поверхность парты).

Предмет исследования: бактериальное загрязнение контактной поверхности до обработки, сразу после обработки и через 5 часов после обработки.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в двух странах:

- **Республика Беларусь:** температура 22–24 °С, влажность умеренная;
- **Шри-Ланка:** температура 30–34 °С, влажность до 98 %.

Обработка поверхности

Для обработки контактной поверхности использовались:

- 1) белорусский антисептик (70 %);
- 2) шри-ланкийский антисептик (70 %);
- 3) мытьё с мылом (в формате обработки поверхности).

Схема эксперимента (логика измерений)

1. Сначала выполнялся **смыв с поверхности до обработки**.
2. Затем поверхность обрабатывали выбранным способом. Выполнялся **смыв сразу после обработки**.
3. Через **5 часов** (без дополнительной обработки) выполнялся **смыв с той же поверхности**, чтобы

оценить восстановление бактериального загрязнения.

Получение результатов

Смывы наносили на чашки Петри с питательной средой. Затем чашки инкубировали. После инкубации проводилась фотосъёмка чашек Петри и анализ изображений в **ImageJ**. Оценивали **долю площади чашки**, занятую бактериальным ростом (в процентах).

Такой подход позволяет сравнивать результаты более объективно, чем простая визуальная оценка «много/мало» [3].

Результаты исследования (Республика Беларусь)

В таблице 1 представлены результаты бактериального загрязнения контактной поверхности до обработки, сразу после обработки и через 5 часов после обработки (Беларусь).

Таблица 1. Бактериальное загрязнение контактных поверхностей до обработки, сразу после обработки и через 5 часов (Республика Беларусь, анализ изображений отдельных образцов, ImageJ)

Средство / условие	Этап измерения	Площадь чашки, px^2	Площадь бактерий, px^2	Доля бактерий, %
До обработки	До обработки	1087534	1055234	97,03
Белорусский антисептик (70 %)	Сразу после обработки	780684	96143	12,31
Белорусский антисептик (70 %)	Через 5 часов	1123400	808625	71,98
Шри-ланкийский антисептик (70 %)	Сразу после обработки	1629422	314405	19,30
Шри-ланкийский антисептик (70 %)	Через 5 часов	620012	489933	79,02
Мытьё с мылом	Сразу после обработки	575519	194235	33,75
Мытьё с мылом	Через 5 часов	775184	685650	88,45

Промежуточный вывод по Беларуси.

1. До обработки поверхность была загрязнена очень сильно (97,03 %).
2. Сразу после обработки загрязнение резко снижалось.
3. Через 5 часов бактериальное загрязнение снова увеличивалось: минимально — при белорусском

антисептике (71,98 %), максимально — после обработки мылом (88,45 %).

Это означает, что эффект обработки поверхности в условиях Беларуси выраженный, но **неустойчивый во времени**, и через 5 часов наблюдается восстановление бактериального роста.

В таблице 2 представлены результаты для условий Шри-Ланки.

Таблица 2. Бактериальное загрязнение контактных поверхностей до обработки, сразу после обработки и через 5 часов (Шри-Ланка, анализ изображений отдельных образцов, ImageJ)

Средство / условие	Этап измерения	Площадь чашки, px^2	Площадь бактерий, px^2	Доля бактерий, %
До обработки	До обработки	765889	748886	97,78
Белорусский антисептик (70 %)	Сразу после обработки	1002345	154356	15,39
Белорусский антисептик (70 %)	Через 5 часов	1150856	840317	73,01
Шри-ланкийский антисептик (70 %)	Сразу после обработки	847882	224519	26,50
Шри-ланкийский антисептик (70 %)	Через 5 часов	880780	715204	81,20
Мытьё с мылом	Сразу после обработки	1730520	788148	45,54
Мытьё с мылом	Через 5 часов	775034	706288	91,13

Промежуточный вывод по Шри-Ланке.

1. До обработки поверхность была загрязнена очень сильно (97,78 %).
2. Сразу после обработки загрязнение снижалось, но в среднем результат «сразу после» оказался хуже, чем в Беларуси (например, при мыле 45,54 % против 33,75 %).

3. Через 5 часов загрязнение снова увеличивалось и доходило до очень высоких значений, особенно после мыла (91,13 %).
4. Это показывает, что при высокой влажности восстановление бактериального загрязнения происходит быстрее и сильнее.

Сравнительный анализ результатов (Беларусь и Шри-Ланка)

При сравнении значений «через 5 часов», видно, что в обеих странах происходит восстановление бактериального роста, но в Шри-Ланке оно выражено сильнее. Например:

- белорусский антисептик: 71,98 % (Беларусь) и 73,01 % (Шри-Ланка);
- шри-ланкийский антисептик: 79,02 % (Беларусь) и 81,20 % (Шри-Ланка);
- мыло: 88,45 % (Беларусь) и 91,13 % (Шри-Ланка).

Такая разница согласуется с тем, что высокая влажность способствует сохранению и восстановлению микроорганизмов [1], [2].

Также важно, что поверхность в принципе очищается сложнее, чем руки. Даже «сразу после обработки» доля бактерий на поверхности остаётся достаточно заметной, особенно при обработке мылом. Это соответствует идее о том, что оценка должна учитывать состояние поверхности после процедуры и её устойчивость во времени [3].

Обсуждение результатов

Полученные данные показывают два главных факта.

Во-первых, контактные поверхности до обработки имеют очень высокий уровень бактериального загрязнения (в обоих случаях около 98 %). Это подтверждает, что поверхности школьной среды могут быть значимым источником микробного загрязнения и требуют регулярной обработки [1], [4].

Во-вторых, обработка действительно снижает бактериальное загрязнение сразу после применения, но через 5 часов происходит восстановление бактериального роста. Это означает, что обработка поверхности даёт временный эффект.

Наиболее устойчивый результат во всех условиях показал белорусский антисептик (70 %). Наименее эффективным способом для поверхности оказалось мытьё с мылом, потому что даже сразу после обработки доля бактерий остаётся высокой, а через 5 часов почти возвращается к исходной. С учётом санитарных требований к условиям обучения и профилактике инфекций в учреждениях образования логично делать вывод о необхо-

димости систематической, повторяемой обработки контактных поверхностей [4].

Практическое значение исследования (рекомендации)

1. В школьной среде важно обрабатывать не только руки, но и контактные поверхности, так как они быстро повторно загрязняются.
2. Если условия влажные и жаркие (как в Шри-Ланке), то обработку поверхностей нужно проводить чаще, потому что через 5 часов загрязнение заметно восстанавливается.
3. Для поверхностей более эффективными оказались спиртовые антисептики по сравнению с мылом (по нашим данным).
4. Для контроля качества обработки можно использовать фотографирование чашек Петри и цифровой анализ (ImageJ), так как это более объективно, чем оценка «на глаз» [3].

Выводы

1. Контактные поверхности школьной среды до обработки имеют очень высокий уровень бактериального загрязнения: 97,03 % (Беларусь) и 97,78 % (Шри-Ланка).
2. Сразу после обработки бактериальное загрязнение резко снижается, однако степень снижения зависит от способа обработки.
3. Через 5 часов после обработки наблюдается восстановление бактериального загрязнения во всех случаях.
4. В условиях высокой влажности и температуры восстановление бактериального загрязнения выражено сильнее (например, после обработки мылом: 91,13 % в Шри-Ланке против 88,45 % в Беларуси).
5. Наиболее устойчивый эффект по нашим данным демонстрирует обработка поверхности спиртовым антисептиком (70 %), а наименее устойчивый — обработка поверхности мылом.
6. Для снижения риска распространения микроорганизмов в школе необходима регулярная обработка контактных поверхностей с учётом климатических условий [1], [2], [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. World Health Organization. Water, Sanitation and Hygiene Standards for Schools in Low-cost Settings. Geneva: WHO, 2009.
2. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP). WASH in schools: monitoring, estimates and data updates (в т. ч. оценки до 2023 года).
3. Bloomfield, S. F., Carling P. C., Exner M. A unified framework for developing effective hygiene procedures for hands, environmental surfaces and laundry... 2017.
4. Санитарные нормы и правила Республики Беларусь (санитарно-эпидемиологические требования к учреждениям, включая образовательные).

Эффективность гигиенической обработки рук учащихся в условиях различной влажности и температуры

Беляй Ярослав Александрович, учащийся 7-го класса

Научный руководитель: Шиман Татьяна Ивановна, учитель биологии
ГУО «Колодищанская средняя школа» (Минская обл., Беларусь)

В статье представлены результаты экспериментального исследования бактериального загрязнения рук учащихся до и после гигиенической обработки различными средствами. Исследование проводилось в двух странах — Республике Беларусь и Демократической Социалистической Республике Шри-Ланка — которые отличаются климатическими условиями, прежде всего температурой и влажностью воздуха. В работе выполнено сравнение эффективности спиртовых антисептиков одинаковой концентрации и мытья рук с мылом. Количественная оценка бактериального роста проводилась с использованием цифрового анализа изображений чашек Петри в программе ImageJ. Полученные результаты показывают, что эффективность гигиенической обработки рук зависит как от используемого средства, так и от условий окружающей среды.

Ключевые слова: гигиена рук, бактериальное загрязнение, антисептики, мыло, школьная среда, влажность, температура.

В школьной среде учащиеся ежедневно контактируют с большим количеством предметов и поверхностей: партами, столами, дверными ручками, учебными принадлежностями. После этого руки соприкасаются с тетрадями, учебниками, лицом и одеждой, что создаёт условия для переноса микроорганизмов. При этом загрязнение рук не всегда заметно визуально, однако бактериальная нагрузка может быть высокой.

Согласно данным санитарно-гигиенических исследований, именно руки являются одним из основных путей передачи микроорганизмов в образовательных учреждениях [1, с. 31–34]. В связи с этим гигиена рук рассматривается как один из наиболее эффективных и доступных способов профилактики инфекционных заболеваний среди учащихся.

Наиболее распространёнными методами гигиенической обработки рук являются мытьё с мылом и использование антисептических средств. Мытьё рук обеспечивает механическое удаление загрязнений и части микроорганизмов с поверхности кожи. Антисептические средства, в свою очередь, оказывают химическое воздействие на бактерии и позволяют значительно снизить их количество за короткое время [2].

Однако эффективность гигиенической обработки рук может изменяться в зависимости от условий окружающей среды. В регионах с высокой температурой и повышенной влажностью создаются благоприятные условия для выживания и восстановления микроорганизмов. В таких условиях бактерии могут быстрее восстанавливать численность после обработки рук, что снижает продолжительность защитного эффекта [3].

Актуальность настоящего исследования заключается в необходимости экспериментально оценить эффективность различных способов гигиенической обработки рук учащихся в условиях, приближённых к реальным, а также провести сравнение результатов, полученных в разных климатических зонах.

Теоретические основы гигиены рук в школьной среде

Гигиена рук является важным элементом системы профилактики инфекционных заболеваний. На поверхности кожи рук постоянно присутствуют микроорганизмы, часть которых относится к нормальной микрофлоре, а часть может представлять потенциальную опасность для здоровья человека. При контакте рук с загрязнёнными поверхностями количество микроорганизмов значительно увеличивается.

Микроорганизмы способны сохраняться на коже рук в течение длительного времени, особенно при наличии влаги. При этом влажная среда способствует не только выживанию бактерий, но и их активному размножению. В условиях высокой влажности микроорганизмы могут быстрее восстанавливать численность после гигиенической обработки рук.

Мытьё рук с мылом способствует механическому удалению загрязнений и микроорганизмов. При этом эффективность мытья рук зависит от продолжительности процедуры, температуры воды и тщательности обработки поверхности кожи. Спиртовые антисептики оказывают химическое воздействие на микроорганизмы, разрушая их клеточные структуры, что приводит к быстрой гибели бактерий [4].

Несмотря на высокую эффективность антисептических средств, их действие может быть кратковременным, особенно в условиях повышенной влажности и повторного контакта с загрязнёнными поверхностями. Это делает актуальным исследование эффективности различных гигиенических средств в реальных условиях школьной среды.

Цель и задачи исследования

Цель исследования — изучить эффективность гигиенической обработки рук учащихся различными средствами в условиях различной температуры и влажности воздуха.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

- 1) определить уровень бактериального загрязнения рук учащихся до гигиенической обработки;
- 2) оценить изменение бактериального загрязнения рук после обработки спиртовыми антисептиками и мытья рук с мылом;
- 3) сравнить эффективность гигиенических средств в условиях умеренного и влажного климата;
- 4) проанализировать влияние климатических условий на результат гигиенической обработки рук.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в двух странах: Республике Беларусь и Демократической Социалистической Республике Шри-Ланка. В Республике Беларусь эксперимент выполнялся в закрытом помещении образовательного учреждения при температуре воздуха 22–24 °С и умеренной влажности. В Шри-Ланке исследование проводилось при температуре воздуха 30–34 °С и высокой влажности, достигающей 98 %.

Объектом исследования являлись руки учащихся.

Предметом исследования — бактериальное загрязнение рук до и после гигиенической обработки.

Для отбора проб использовались стерильные ватные тампоны, которыми выполнялись смывы с поверхности рук. Для гигиенической обработки применялись следующие средства:

- 1) антисептик белорусского производства с содержанием спирта 70 %;
- 2) антисептик шри-ланкийского производства с содержанием спирта 70 %;
- 3) мытьё рук с мылом и водой.

Организация эксперимента

Эксперимент проводился по единой схеме. Сначала выполнялся смыв с невымытых рук учащегося. Затем проводилась гигиеническая обработка рук выбранным средством. После этого выполнялся повторный смыв для оценки эффективности обработки.

Для каждого этапа использовались отдельные стерильные тампоны, что исключало возможность перекрёстного загрязнения. Полученные смывы наносились на чашки Петри с питательной средой. Инкубация образцов проводилась в течение 48 часов при температуре 35–36 °С.

После завершения инкубации выполнялась фото-съемка чашек Петри для дальнейшего анализа.

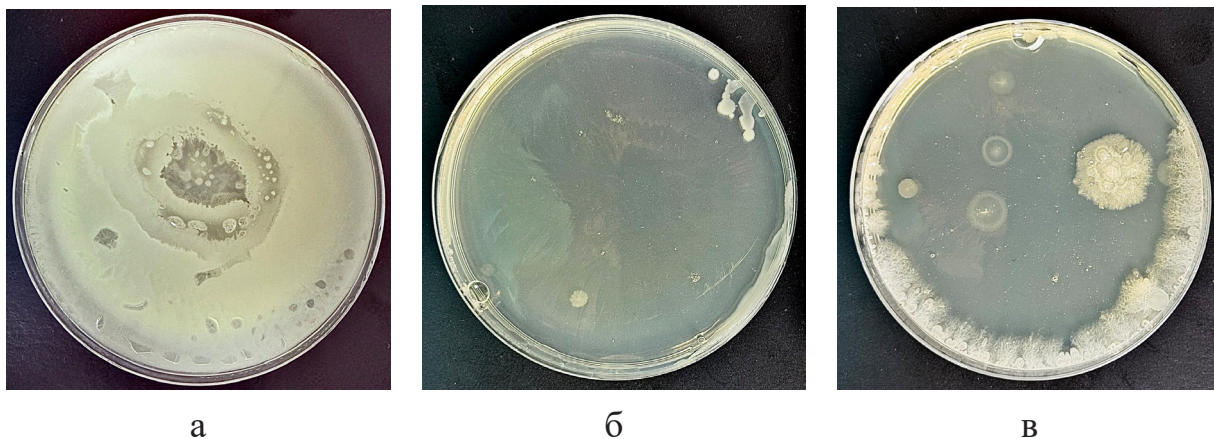


Рис. 1. Чашки Петри с бактериальным ростом после инкубации образцов, полученных со смывов с рук учащихся:
а — до гигиенической обработки;
б — после обработки спиртовым антисептиком;
в — после мытья рук с мылом.

Метод количественного анализа бактериального роста

Для количественной оценки бактериального загрязнения использовался метод определения относительной площади поверхности чашки Петри, занятой микроорганизмами. Анализ изображений проводился с помощью программы ImageJ.

Сначала загружалось исходное изображение чашки Петри. Затем выполнялось выделение области бактериального роста и расчёт площади, занятой микроорганизмами. Полученные значения выражались в процентах от общей площади чашки Петри.

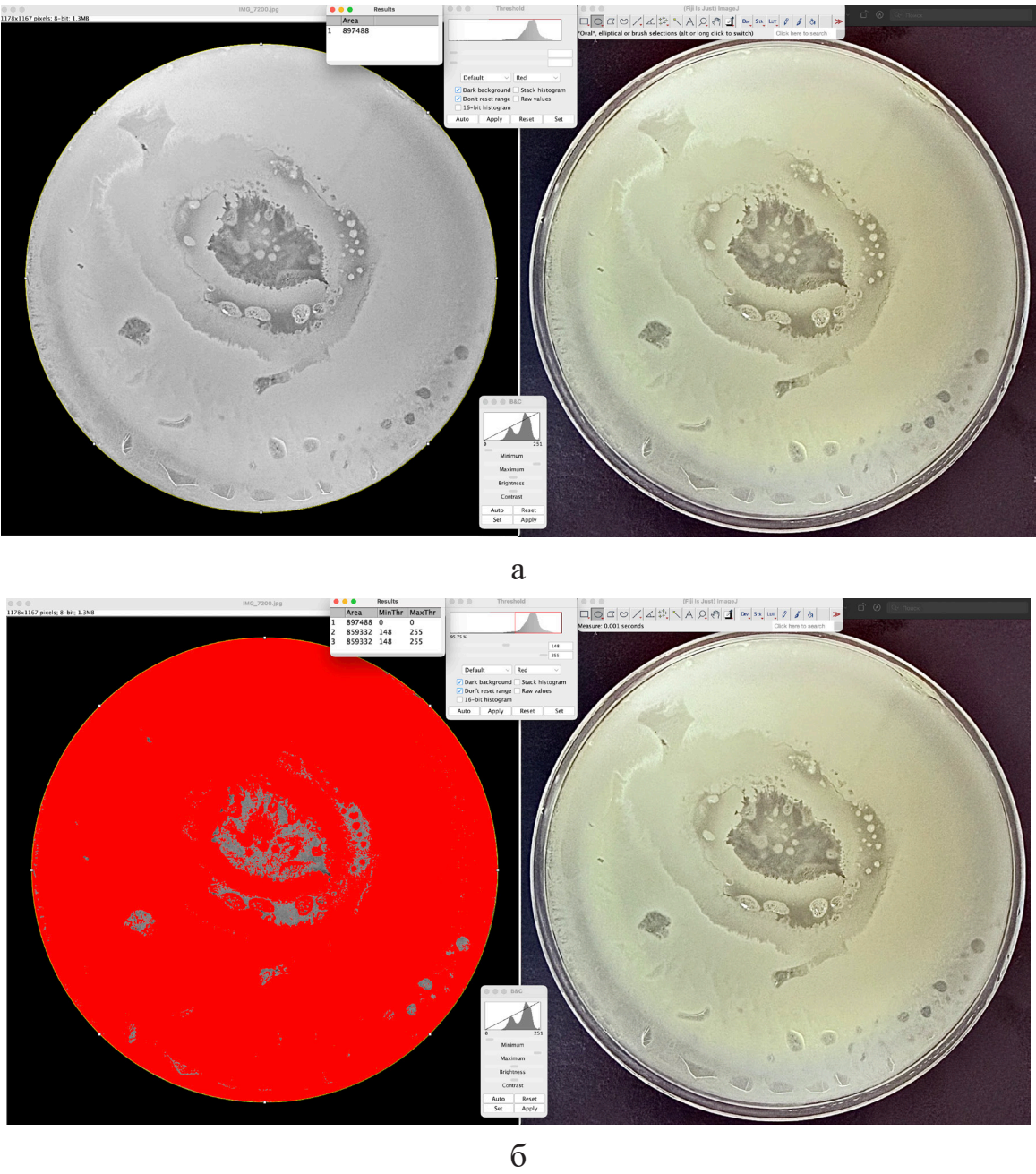


Рис. 2. Этапы цифровой обработки изображений чашек Петри в программе ImageJ: а — определение относительной площади чашки Петри; б — определение относительной площади, занятой микроорганизмами

Результаты исследования
До гигиенической обработки руки учащихся характеризовались высоким уровнем бактериального загрязнения. В большинстве случаев площадь бактериального

роста превышала 90 % площади чашки Петри, что свидетельствует о значительной бактериальной нагрузке. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Бактериальное загрязнение рук учащихся до и после гигиенической обработки (Республика Беларусь)

Гигиеническое средство	Доля бактериального роста, %
До обработки	92,50
Антисептик (Беларусь, 70 %)	1,37
Антисептик (Шри-Ланка, 70 %)	5,03
Мытьё рук с мылом	19,09

В условиях Шри-Ланки эффективность всех исследуемых средств была несколько ниже. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Бактериальное загрязнение рук учащихся до и после гигиенической обработки (Шри-Ланка)

Гигиеническое средство	Доля бактериального роста, %
До обработки	95,75
Антисептик (Беларусь, 70 %)	2,16
Антисептик (Шри-Ланка, 70 %)	6,20
Мытьё рук с мылом	20,90

Результаты

Полученные результаты показывают, что гигиеническая обработка рук является эффективным способом снижения бактериального загрязнения. Однако установлено, что эффективность обработки зависит не только от используемого средства, но и от условий окружающей среды.

В условиях высокой влажности наблюдается более быстрое восстановление бактериального роста, что приводит к увеличению остаточного загрязнения после обработки. Мытьё рук с мылом демонстрирует стабильный, но менее выраженный эффект по сравнению со спиртовыми антисептиками.

Практическое значение работы заключается в возможности использования полученных результатов при организации гигиенических мероприятий в школьной

среде. Результаты исследования показывают, что в условиях повышенной влажности требуется более частая гигиеническая обработка рук и использование антисептических средств.

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

1. Руки учащихся до гигиенической обработки имеют высокий уровень бактериального загрязнения.
2. Спиртовые антисептики обеспечивают более эффективное снижение бактериальной нагрузки по сравнению с мытьём рук с мылом.
3. В условиях высокой влажности эффективность гигиенической обработки рук снижается.
4. Климатические условия необходимо учитывать при организации гигиенических мероприятий в школе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лисов, Н. Д. Биология: учебное пособие для 7 класса. — Минск: Народная асвета, 2022.

2. Санитарные нормы и правила для учреждений общего среднего образования.

3. World Health Organization. Water, sanitation and hygiene in schools.

4. Akinsulie, O. C. Hand hygiene and infection prevention. — 2024.

Оценка эффективности различных способов обработки рук

Кудрявцев Владислав Михайлович, учащийся 11-го класса
МБОУ «Лицей «Сигма» г. Барнаула

Подлеснова Татьяна Алексеевна, учащаяся 11-го класса
МБОУ «Лицей № 112» г. Барнаула

Рудоманенко Дарья Олеговна, учащаяся 11-го класса
МБОУ «Шаховская СОШ» (Алтайский край)

Научный руководитель: *Панкратов Сергей Юрьевич, преподаватель*
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

В статье рассматривается оценка эффективности различных способов обработки рук, а также наиболее эффективные средства для обработки рук, даются рекомендации о наиболее эффективном и предпочтительном способе обработки рук.

Ключевые слова: обработка рук, средства обработки рук, эффективность обработки рук, рекомендации, город Барнаул.

Люди в процессе своей жизнедеятельности постоянно контактируют с миром при помощи рук, таким образом, на руках, помимо уже находившихся там неопасных для человека бактерий, скапливаются и другие, которые могут быть патогенными [1]. Для того чтобы обезопасить себя, человек обрабатывает руки. Существует множество способ обработки рук, таких как водопроводная вода, твёрдое мыло, жидкое мыло, влаж-

ные салфетки, гели для обработки, антисептический гель для обработки, спирт 97 %. Каждый из них имеет свою эффективность, оцениваемую в исследовании. Также на качество обработки рук влияет длительность обработки рук, количество средства обработки рук и тщательность обработки рук [2].

Цель работы: оценить степень эффективности различных способов обработки рук.

Задачи исследования:

1. Провести обработку рук различными способами: водопроводная вода, твёрдое мыло, жидкое мыло, влажные салфетки, два вида гелей для обработки, антисептический гель для обработки, спирт 97 %.
2. Произвести посевы с рук до и после их обработки в стерильные чашки Петри с питательным агаром.
3. Выполнить подсчет выросших на чашках колоний, определить общее наиболее эффективный способ обработки рук и выразить результат в рекомендациях.
4. Определить тип окраски бактерии по Грамму.

Материалы и методы: пробы отбирались с рук, до обработки и после обработки рук. Руки обрабатывались несколькими разными методами: водопроводная вода, твёрдое мыло, жидкое мыло, влажные салфетки, два вида гелей для обработки, антисептический гель для обработки, спирт 97 % [6]. Для этого сначала стерильная чашка Петри разделялась пополам маркерной чертой, одна сторона отмечалась как до обработки, а другая после обработки. После этого к стороне без обработки прикасались необра-

ботанным пальцем. Затем руки обрабатывались, соответствующим средством и прикасались пальцем к стороне после обработки [3]. Чашка Петри закрывалась и герметизировалась лентой ParaFilm, чашка отправлялась в термостат на 48 часов при температуре 37°C. После термостатирования чашки с культурой извлекались и производился подсчёт колоний с разделением колоний на типы по визуальным признакам. Эти этапы проводились в трёхкратной повторности. Результаты заносились в таблицу. Анализ по типам колоний: для каждого типа колоний (1, 2, 3) и для общего количества («общее») рассчитали логарифмическое снижение (LG) для каждой повторности [4]. Для расчёта среднего значения LG и стандартной ошибки среднего (SEM) и отдельно для общего снижения и для снижения по каждому типу колоний использовалась формула:

$$LG = \log_{10}(\text{KOE_контроль} [«-»]) - \log_{10}(\text{KOE_опыт} [«+»])$$

Если $\text{KOE_опыт} = 0$, для расчета используется значение 1. Интерпретация: Высокое значение LG для конкретного типа колоний означает, что средство эффективно против данной микрофлоры.

После, чашки вскрывались внутри ламинарного бокса, чтобы создать стерильные условия и обезопасить окружающих, готовили мазки на предметных стеклах. Определение типа бактерий грамположительные или грамотрицательные проводилось методом окраски по Граму. Затем исследовали приготовленные препараты с помощью микроскопа Zeiss AXIO Imager.Z с камерой AxioCam MRC 5 (FireWire, 5MP, 2/3»), сделали снимки колоний разных типов.

Результаты:

Таблица 1. Расчеты соотношения количества колоний до и после обработки

Средство	Общее (LG ± SEM)	Тип 1 (LG ± SEM)	Тип 2 (LG ± SEM)	Тип 3 (LG ± SEM)
Спирт	1.73 ± 0.19	1.84 ± 0.22	1.55 ± 0.25	N/A
Антисептик	0.15 ± 0.09	0.20 ± 0.13	-0.05 ± 0.12	0.70 ± 0.70
Жидкое мыло	0.87 ± 0.39	1.30 ± 0.65	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Твердое мыло	0.17 ± 0.11	0.10 ± 0.10	0.24 ± 0.14	0.20 ± 0.20
Вода	0.25 ± 0.17	0.00 ± 0.00	0.48 ± 0.48	N/A
Гель желтый	1.19 ± 0.49	1.46 ± 0.58	0.85 ± 0.49	0.00 ± 0.00
Гель зеленый	0.17 ± 0.07	0.21 ± 0.08	0.13 ± 0.09	0.15 ± 0.15
Салфетки	0.21 ± 0.16	0.19 ± 0.16	0.24 ± 0.18	0.20 ± 0.20

Примечание: N/A — недостаточно данных для расчета. Тип 1 — белые круглые колонии, Тип 2 — желтые круглые, Тип 3 — белые разросшиеся. Отрицательное значение указывает на стимуляцию роста микроорганизмов.

Методология расчета:

Анализ по типам колоний: для каждого типа колоний (1, 2, 3) и для общего количества («общее») рассчитали логарифмическое снижение (LG) для каждой повторности. $LG = \log_{10}(\text{KOE_контроль} [«-»]) - \log_{10}(\text{KOE_опыт} [«+»])$

Если $\text{KOE_опыт} = 0$, для расчета используется значение 1. Для каждого способа обработки рассчитали среднее значение LG и стандартную ошибку среднего (SEM) отдельно для общего снижения и для снижения по каждому типу колоний. Высокое значение LG для конкретного типа колоний означает, что средство эффективно против данной микрофлоры [5].

Детальный анализ по способам обработки:

1. *Спирт*. Общее снижение (LG): 1.73 ± 0.19 (Умеренная эффективность). Спирт показал хорошую и равномерную эффективность против основных представленных типов микроорганизмов (1 и 2). Это надежное средство широкого спектра действия.

По типам: Тип 1 (белые круглые): LG = 1.84 (Эффективен)

Тип 2 (желтые круглые): LG = 1.55 (Эффективен)

Тип 3 (белые разросшиеся): недостаточно данных для расчета, но в контроле их было мало.

2. *Антисептик*. Общее снижение (LG): 0.15 ± 0.09 (Неэффективен). Средство не только не работает, но

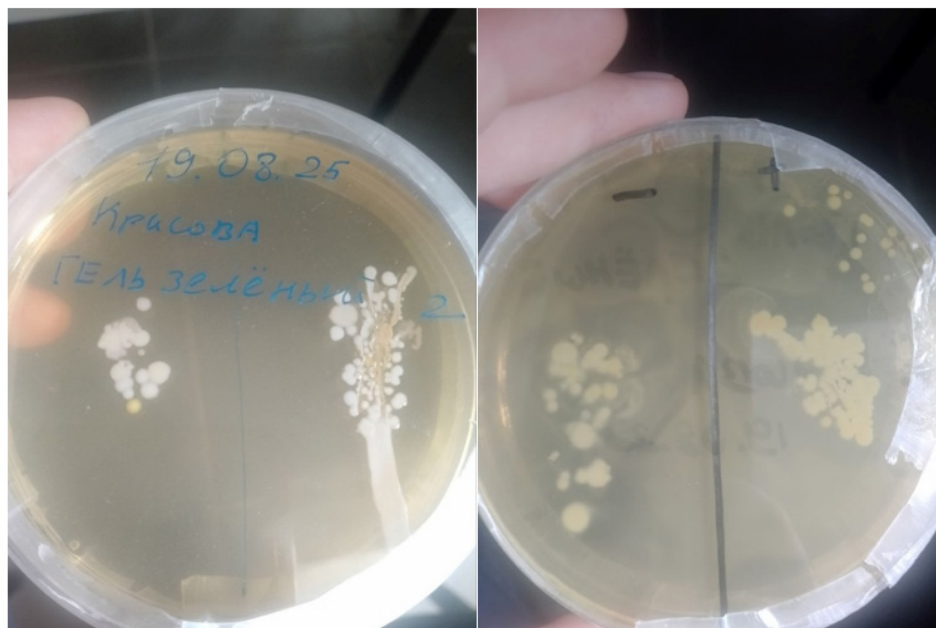


Рис. 1. Чашки Петри с выросшими колониями

и может стимулировать рост некоторых микроорганизмов (тип 2). Абсолютно непригодно к использованию.

По типам: Тип 1: $LG = 0.20$ (Неэффективен). Тип 2: $LG = -0.05$ (Стимулирует рост! В опытной группе рост больше, чем в контрольной). Тип 3: $LG = 0.70$ (Слабая эффективность только против этого типа).

3. *Жидкое мыло*. Общее снижение (LG): 0.87 ± 0.39 (Недостаточная эффективность). Мыло эффективно смывает преимущественно микроорганизмы типа 1, но совершенно не справляется с типами 2 и 3. Это подтверждает его роль как механического средства для удаления части микробной биоты, но не всего микробного сообщества. По типам: Тип 1: $LG = 1.30$ (Умеренная эффективность). Тип 2: $LG = 0.00$ (Полное отсутствие эффекта). Тип 3: $LG = 0.00$ (Полное отсутствие эффекта).

4. *Твердое мыло*. Общее снижение (LG): 0.17 ± 0.11 (Неэффективно) Эффективность против всех типов микроорганизмов крайне низка. Низкие показатели LG и риск контаминации самого куска мыла делают его использование недопустимым. По типам: Тип 1: $LG = 0.10$ (Неэффективно). Тип 2: $LG = 0.24$ (Слабая эффективность). Тип 3: $LG = 0.20$ (Слабая эффективность).

5. *Вода*. Общее снижение (LG): 0.25 ± 0.17 (Неэффективна). Вода имеет минимальный эффект, в основном смывая некоторую часть микрофлоры типа 2. Не является методом дезинфекции. По типам: Тип 1: $LG = 0.00$ (Неэффективна). Тип 2: $LG = 0.48$ (Слабая эффективность). Тип 3: Эффективность не оценивается (везде 0).

6. *Гель желтый*. Общее снижение (LG): 1.19 ± 0.49 (Нестабильная эффективность). Гель показывает избирательную эффективность. Он хорошо работает против типа 1, средне — против типа 2 и не работает против типа 3. Нестабильность общих результатов может быть связана с разным соотношением этих типов микробов в разных пробах. По типам: Тип 1: $LG = 1.46$ (Эффективен). Тип 2: $LG = 0.85$ (Слабая эффективность). Тип 3: $LG = 0.00$ (Неэффективен).

7. *Зеленый гель*. Общее снижение (LG): 0.17 ± 0.07 (Неэффективен) — полное отсутствие значимой эффективности против всех трех типов микроорганизмов. По типам: Тип 1: $LG = 0.21$ (Неэффективен). Тип 2: $LG = 0.13$ (Неэффективен). Тип 3: $LG = 0.15$ (Неэффективен).

8. *Салфетки*. Общее снижение (LG): 0.21 ± 0.16 (Неэффективны) — равномерно низкая эффективность против всех типов микробов. Механическое удаление с помощью этих салфеток недостаточно. По типам: Тип 1: $LG = 0.19$ (Неэффективны). Тип 2: $LG = 0.24$ (Неэффективны). Тип 3: $LG = 0.20$ (Неэффективны).

Результаты микроскопирования: для идентификации колоний делали препараты с получившимися типами колоний методом окраски по Граму. Колонии 1, 3, 4 оказались грамположительными. Колонии 2 — грамотрицательные. 1, 2, 4 типы оказались кокками и стрептококками, 3 тип — палочки (бациллы).

Выводы: По результатам наших исследований оказалось, что спирт — единственное средство широкого спектра действия, эффективное против основных выявленных типов микроорганизмов. Средства, отличившиеся селективной эффективностью (жидкое мыло, желтый гель) показали положительные результаты только против определённых типов микробов (тип 1), но были бесполезны против других (типы 2 и 3). Это делает их ненадёжными для полной дезинфекции. Полную неэффективность показали такие средства как: антисептик, твёрдое мыло, зелёный гель, салфетки и вода, они не должны использоваться для обеззараживания рук. Результаты по твёрдому мылу и антисептику (стимуляция роста) указывают на возможные проблемы с их чистотой или составом. Возможной причиной такого результата также может являться то, что испытуемый недостаточно правильно проводил обработку рук, необходимы дополнительные исследования на это. Колонии 1, 3, 4 оказались грамположительными. Колонии 2 — грамотрицательные. 1, 2,



Рис. 2. Подготовка мазков для препаратов с отбором основных типов колоний



Рис. 3. Окраска мазков методом Грама

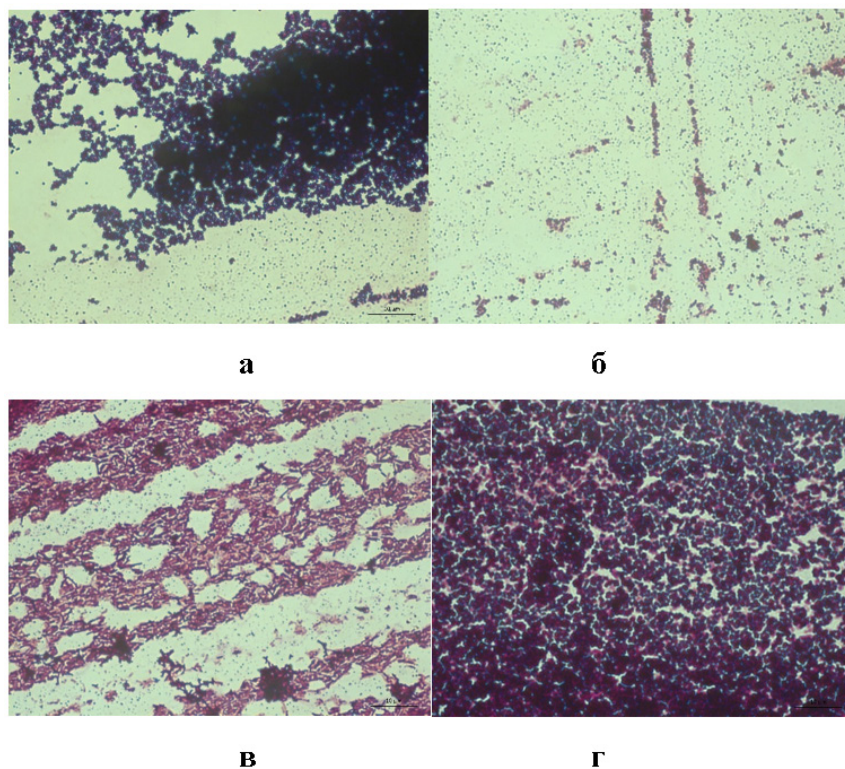


Рис. 4. Полученные колонии: а — Тип 1; б — Тип 2; в — Тип 3; г — Тип 4

4 типа оказались кокками и стрептококками, 3 тип — палочки (бациллы).

Благодарности. Исследования проведены на базе Алтайского государственного университета в рамках школьного научного лагеря BioCamp. Благодарим за по-

мощь в исследовании: Ковальчук Ольгу Евгеньевну, Красильникова Ивана Андреевича, Красову Анастасию Валерьевну, Овчаренко Викторию Дмитриевну, Шевченко Константина Игоревича.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кальченко, Е. И. Гигиеническое обучение и воспитание школьников — М.: Просвещение, 1998. — 158 с.
2. Камышева, К. С. Основы микробиологии и иммунологии / К. С. Камышева. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. — 382 с.
3. Микрофлора кожи [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://медпортал.com/gigienasanepidkontrol_733/mikroflora-koji-49898.html (дата обращения: 19.08.2025).
4. Пробактерии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://probakterii.ru/prokariotes/for-human/bakterii-na-rukah.html> (дата обращения: 19.08.2025).
5. Рост, размножение и жизнеспособность микроорганизмов в искусственной и естественной среде обитания [Электронный ресурс] // Справочник по микробиологии. — Режим доступа: <https://petritest.ru/sprav/labinskaya-obshchaya-i-sanitarnaya-mikrobiologiya/9-2-rost-razmnozhenie-i-zhiznesposobnost-mikroorganizmov-v-iskusstvennoj-i-estestvennoj-srede-obitaniya> (дата обращения: 21.08.2025).
6. Сендик, З. А., Рожкова Ю. В. Сравнительный анализ эффективности разных способов обработки кожи рук // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2020. № S1 (54).
7. Черкес, Ф. К. Микробиология — М.: Медицина, 1986. — 512 с.
8. Шлегель, Г. Х. Общая микробиология — М.: Мир, 1987. — 566 с.

Учебная нагрузка, стресс и сон: оценка состояния подростков 13–17 лет

Лионская Алина Сергеевна, учащаяся 9-го класса

Научный руководитель: Павлов Александр Владимирович, учитель биологии
ЧОУ «Фоксфорд» (г. Москва)

Подростковый возраст представляет собой критический этап психофизиологического развития, характеризующийся высокой уязвимостью к стрессу и нарушениям сна. Повышенная учебная нагрузка, межличностные конфликты и давление со стороны семьи и школы способствуют росту психоэмоционального напряжения. Это негативно влияет на когнитивные функции, снижает эмоциональную устойчивость и нарушает структуру сна, формируя порочный круг: стресс усугубляет бессонницу, а дефицит сна — стрессовую реактивность.

Физиологические особенности подростков, включая смещение циркадных ритмов, сочетаются с внешними стрессорами — цифровой перегрузкой, экзаменационным давлением, недостатком навыков саморегуляции. При этом многие подростки не прибегают к профессиональной помощи, полагаясь на неформальные способы снижения стресса. Это создаёт потребность в изучении причин, проявлений и последствий стресса и дефицита сна у школьников. Целью настоящего исследования является выявление основных источников стресса и нарушений сна у подростков, а также оценка их взаимосвязи на основе анкетных данных. Работа актуальна в контексте роста психоэмоциональных трудностей среди учащихся и необходимости внедрения простых профилактических подходов в школьной среде.
Ключевые слова: подростки, стресс, сон, учебная нагрузка, психоэмоциональное состояние.

Методика

В исследовании приняли участие подростки в возрасте от 13 до 17 лет (N=51). Возрастное распределение респондентов было следующим: наибольшую группу составили 15-летние (36 %), далее следовали 16-летние (29 %) и 14-летние (27 %). Наименьшую долю занимали респонденты 13 и 17 лет (2 % и 6 % соответственно) (Рисунок 1)

Гендерный состав выборки характеризовался значительным преобладанием девушек (69 %) над юношами (31 %). По классам обучения участники распределились следующим образом: наибольшую долю составили учащиеся 9-х классов (59 %), за ними следовали восьмиклассники (33 %).

Для оценки уровня стресса использовались вопросы о частоте его переживания.



Рис. 1: Возрастное распределение респондентов в %

Сбор данных осуществлялся на протяжении 2 месяцев (май-июнь 2025 года) методом анонимного анкетирования с использованием стандартизированной опросной методики на онлайн-платформе Google Forms. Опросник, состоявший из 18 вопросов, был эффективно сфокусирован на ключевых темах возрастной группы — академический стресс, качество и количество сна, их взаимосвязь и влияние на учебу и самочувствие в целом

Типовой опросник для возрастной категории

Возраст

1. Пол
2. Класс
3. Как часто вы чувствуете стресс из-за учебы/обязанностей?
4. Как часто вы сталкиваетесь со стрессом в повседневной жизни?
5. Что является вашей основной причиной стресса? (выбрать одно)
6. Как вы справляетесь со стрессом?
7. Какие симптомы вы наблюдаете у себя при стрессе?
8. Сколько часов вы спите примерно в будние дни?
9. Сколько часов вы спите примерно в выходные дни?
10. Как вы оцениваете качество своего сна за последние месяцы?
11. Испытываете ли вы трудности с засыпанием?
12. Просыпаетесь ли вы по ночам?
13. Чувствуете ли вы себя выспавшимся после пробуждения?
14. Влияет ли качество вашего сна на вашу концентрацию на работе/учебе?
15. Какое влияние оказывает стресс на ваш сон?
16. Считаете ли вы, что стресс связан напрямую с общим состоянием здоровья и самочувствия?

17. Как вы считаете, что может помочь уменьшить уровень стресса и улучшить качество сна?

Результаты

Подростков, согласно исследованию, регулярно испытывающих стресс: 43 % — часто, 19 % — постоянно. Основными причинами выступали учебная нагрузка (33 %), семейные проблемы (27 %) и конфликты со сверстниками (19 %). У 17 % участников стресс был вызван совокупностью этих факторов. Чаще всего подростки испытывали тревожность (37 %) и раздражительность (29 %), реже — **дефицит сна** (12 %) и общее недомогание (8 %).

В ответ на стресс подростки прибегали к общению (56 %), прогулкам (17 %) и хобби (11 %). Лишь 5 % использовали медитации и столько же — профессиональную помощь, что указывает на ограниченное применение методов психологической поддержки.

Режим сна большинства респондентов в будние дни составлял 7–8 часов (60 %), но 29 % респондентов испытывали **дефицит сна**. В выходные наблюдался компенсаторный сон: 54 % спали более 8 часов. Однако лишь 6 % оценивали сон как «отличный», тогда как 25 % считали его плохим или очень плохим. Проблемы с засыпанием отметили 48 %, ночные пробуждения — 33 %. Только 30 % подростков регулярно чувствовали себя отдохнувшими. 81 % осознают влияние стресса на здоровье, а 71 % — влияние сна на внимание и концентрацию. Среди последствий стресса для сна чаще всего упоминалась тревожность (38 %), ночные пробуждения (31 %), бессонница (13 %) и трудности засыпания (12 %).

Обсуждение

Результаты исследования подтверждают высокий уровень стресса у подростков, преимущественно связанный с учебной нагрузкой, что согласуется с данными международных и российских исследований. В ряде зарубежных работ подчеркивается, что подростковый стресс сопоставим с уровнем стресса у взрослых и со-

проводится снижением эмоционального благополучия и мотивации к обучению [1]. Российские исследования также фиксируют выраженное академическое напряжение и эмоциональное истощение школьников в предэкзаменационный период [2, 3].

Выявленные эмоциональные (тревожность, раздражительность) и соматические (недосып, утомление) симптомы свидетельствуют о многокомпонентной природе подросткового стресса. Параллельно фиксируется низкий уровень обращения за профессиональной помощью при доминировании неформальных стратегий — таких как общение и прогулки. Это указывает на дефицит доступных ресурсов психологической поддержки и недостаточную культуру обращения за помощью.

Ключевым результатом стало подтверждение тесной связи между стрессом и нарушениями сна: трудности с засыпанием, прерывистый сон и чувство усталости

оказались широко распространёнными. Подростки осознают влияние сна на здоровье и внимание, однако в большинстве случаев не предпринимают активных шагов к его улучшению.

Таким образом, данные подчёркивают необходимость системной профилактики: от внедрения программ эмоциональной саморегуляции до повышения роли школы и семьи в снижении факторов стресса.

Ограничения исследования

Исследование основывалось на самооценке респондентов, без применения объективных измерений сна и стресса, что ограничивает точность данных. Гендерный дисбаланс и отсутствие учёта дополнительных факторов (физическая активность, питание) также сужают возможности интерпретации. Будущие работы могут быть направлены на лонгитюдные исследования динамики стресса и тестирование эффективных методов профилактики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Chyu, E. Associations Between Academic Stress, Mental Distress, Academic Self-Disclosure to Parents and School Engagement in Hong Kong / E. Chyu, JK Chen // *Frontiers in Psychiatry*. — 2022. — № 13.
2. Стресс в образовательной среде и его влияние на академическую успешность и психологическое благополучие обучающихся / Т. Г. Фомина, Е. В. Филиппова, А. В. Бурмистрова-Савенкова, В. И. Моросанова // *Национальный психологический журнал*. — 2024. — № 4. — с. 148–160.
3. Бочавер, А. А. Выгорание школьников: адаптация опросника на российской выборке / А. А. Бочавер, О. Р. Михайлова // *Вопросы образования*. — 2023. — № 2. — с. 70–100.

Отличия зрения насекомых от зрения человека

Маковский Дени Николаевич, учащийся 5-го класса

Научный руководитель: Похилько Лидия Олеговна, кандидат биологических наук, учитель биологии МБОУ Гимназия № 36 имени Героя Советского Союза Гастелло Н. Ф. г. Ростова-на-Дону (г. Ростов-на-Дону)

Статья посвящена органам зрения насекомых. Рассмотрены отличия организации зрения насекомых от зрения человека. При помощи искусственного интеллекта сделано предположение, как видят мир насекомые с их фасетчатым зрительным аппаратом.

Ключевые слова: органы зрения, насекомые, фасетчатые глаза, зрение человека.

Описанию зрения насекомых посвящено множество интересных исследований, таких как работы [1]– [5]. При этом основную информацию возьмем из статьи [1], дополнив ее своими собственными рассуждениями.

Считается, что до 90 % знаний о внешнем мире человек получает при помощи своего стереоскопического зрения. Зайцы обзавелись боковым зрением, благодаря которому они могут видеть объекты, находящиеся сбоку и даже позади себя. У глубоководных рыб глаза могут занимать до половины головы. Змеи способны видеть только движущийся объект, а самыми зоркими в мире признаны глаза сокола-сапсана, способного выследить добычу с высоты 8 км!

Но как видят мир представители самого многочисленного и разнообразного класса живых существ на Зем-

ле — насекомых? Наряду с позвоночными животными, которым они проигрывают только по размерам тела, именно насекомые обладают наиболее совершенным зрением и сложноустроенными оптическими системами глаза. Хотя глаза насекомых можно назвать близорукими, однако они, в отличие от человека, способны различать чрезвычайно быстродвигающиеся объекты. А благодаря упорядоченной структуре своих фоторецепторов многие из них обладают настоящим «шестым чувством» — поляризационным зрением [1].

Трудно переоценить значение света для всех обитателей нашей планеты. Солнечный свет служит основным источником энергии для всех живых организмов. И, конечно, благодаря восприятию света специальными органами чувств, животные получают главную часть сведе-

ний об окружающем мире, могут различать форму и цвет объектов, определять движение тел, ориентироваться в пространстве и т. п.

Зрение особенно важно для животных, способных активно передвигаться в пространстве: именно с возникновением подвижных животных начал формироваться и совершенствоваться зрительный аппарат — сложнейший из всех известных сенсорных систем. К таким животным относятся позвоночные и среди беспозвоночных — насекомые. Именно эти группы организмов могут похвалиться самыми сложными органами зрения [1].

Подумаем, почему зрение так важно для насекомых, важнее, чем слух? Скорость звука в воздухе равна примерно 331 метр в секунду, а скорость света — 300 тысяч километров в секунду, то есть, свет быстрее звука примерно в миллион раз! Из этого следует, что хорошее зрение очень важно для насекомых, оно помогает им выживать: следить за добычей и уходить от угроз типа мухобойки, которой люди иногда пытаются прихлопнуть муху. Мы знаем, как это бывает очень непросто, что показывает, насколько зрение влияет

на жизнь этих неугомонных, приставучих, летающих по комнате надоедливых существ. Мы делаем вывод, что муха увидит мухобойку гораздо быстрее, чем ее услышит.

Зрительный аппарат у позвоночных и насекомых значительно различается, как и восприятие образов. Считается, что насекомые в целом более примитивны по сравнению с позвоночными, не говоря уже о высшем их звене — млекопитающих, и, естественно, человеке. Но вот насколько различается их зрительное восприятие? Иными словами, намного ли отличается от нашего мир, увиденный глазами маленького создания по имени муха?

Зрительная система насекомых в принципе не отличается от таковой у других животных и состоит из периферических органов зрения, нервных структур и образований центральной нервной системы. Но что касается строения органов зрения, то здесь различия просто огромны [1].

Всем знакомы сложные *фасеточные* глаза насекомых, которые встречаются у взрослых особей (см. рис. 1).



Рис. 1. Фасеточные глаза насекомого

Фасеточный глаз по виду напоминает корзинку спелого подсолнуха: он состоит из набора фасеток (*омматидиев*) — отдельных приемников светового излучения, имеющих все необходимое для регуляции светового потока и формирования изображения (см. рис. 2). Число фасеток составляет от нескольких у щетинохвосток до 30 тыс. у стрекоз.

Согласно древним легендам, у людей некогда имелся «третий глаз», отвечающий за сверхчувственное восприятие. Доказательств этому нет, однако та же минога и другие животные, такие как ящерица-гаттерия и некоторые земноводные, имеют необычные светочувствительные органы в «неположенном» месте. И в этом

смысле насекомые не отстают от позвоночных: помимо обычных фасеточных глаз у них встречаются небольшие дополнительные глазки — *оцелли* (см. рис. 3), расположенные на лобно-теменной поверхности, и *стеммы* — по бокам головы (см. рис. 4).

Оцелли имеются в основном у хорошо летающих насекомых. Как правило, это три глазка, расположенные в виде треугольника, но иногда срединный либо два боковых могут отсутствовать. По строению оцелли сходны с омматидиями.

Стеммы можно обнаружить у личинок насекомых, развивающихся с полным превращением. Их число

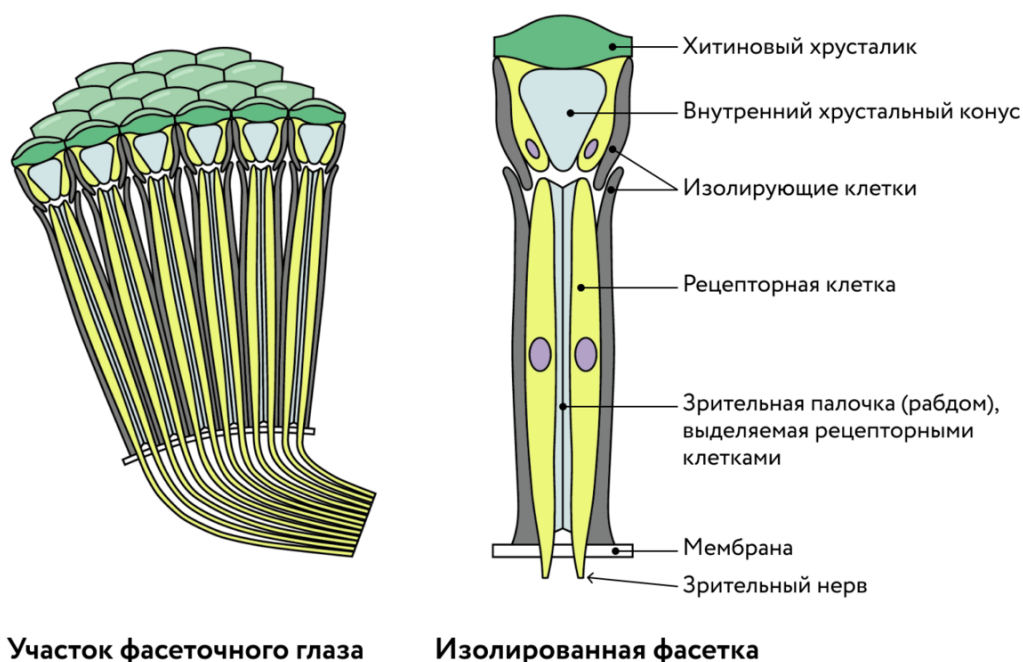


Рис. 2. Строение фасеточного глаза

и расположение изменяется в зависимости от вида: с каждой стороны головы может располагаться от одного до тридцати глазков. У гусениц чаще встречается шесть глазков, расположенных так, что каждый из них имеет обособленное поле зрения.

Зачем насекомым дополнительные глаза? Очевидно, чтобы был обзор сбоку. Ведь, как мы уже сказали, скорость

света самое важное для них. Также, в отличие от нас, они не могут двигать глазами, а боковой обзор очень важен для них. Люди себе даже представить не могут глаза сбоку!

На что способны сложноустроенные глаза насекомых? Как известно, у любого оптического излучения можно выделить три характеристики: *яркость, цвет и поляризацию*.

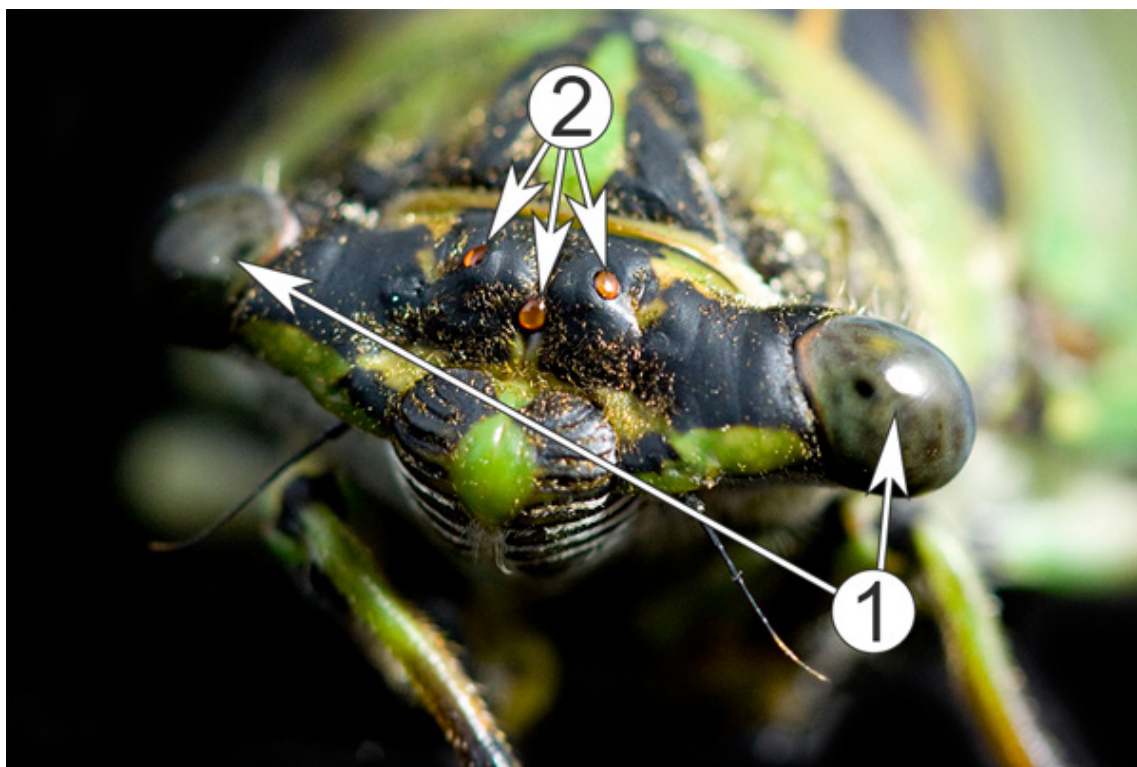


Рис. 3 Цикада, которая помимо фасеточных глаз (обозначены цифрой 1), имеет три дополнительных глаза — оцелли (обозначены цифрой 2)

Цвет света насекомые используют для регистрации и распознавания объектов окружающего мира. Практически все они способны воспринимать и недоступную для позвоночных ультрафиолетовую часть спектра.

Как же воспринимают насекомые поляризованный свет? Исходя из структуры омматидия, можно предположить, что все фоторецепторы должны быть одновременно чувствительными как к цвету, так и к степени

поляризации света. Но в таком случае могут возникнуть серьезные проблемы — так называемое *ложное восприятие цвета*. Так, свет, отраженный с глянцевой поверхности листьев или водной глади, частично поляризуется. В этом случае мозг, анализируя данные фоторецепторов, может ошибиться в оценке интенсивности окраски либо формы отражающей поверхности [1].

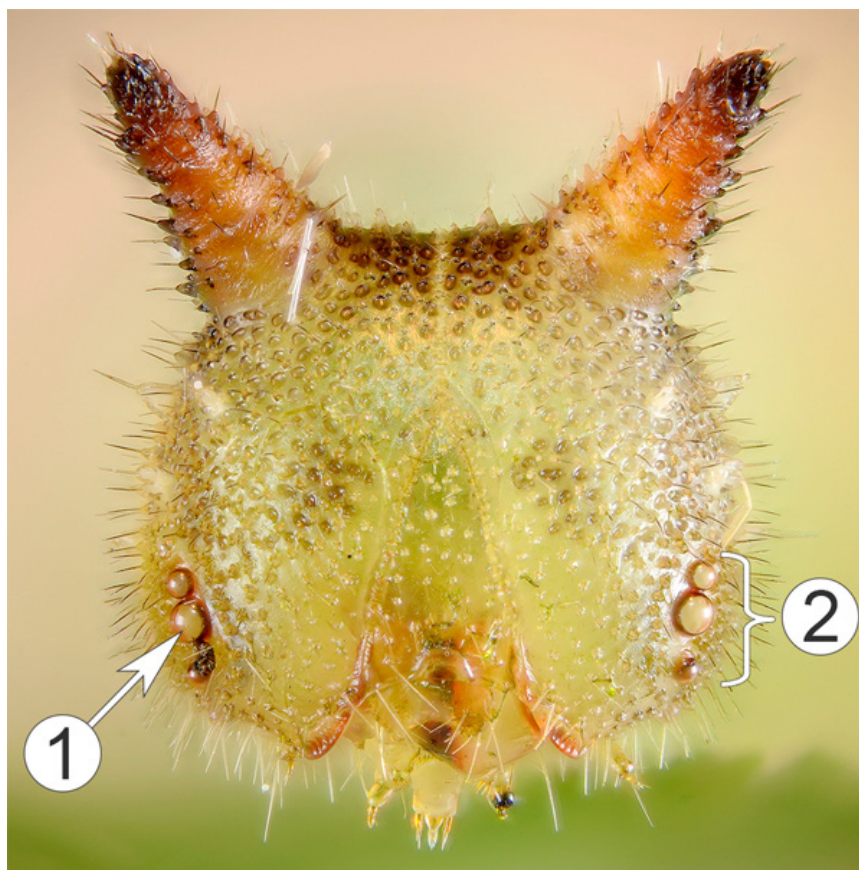


Рис. 4. Гусеница с дополнительными глазками-стеммами. Цифрой 1 обозначен одиночный глазок — стемма, цифрой 2 обозначена группа стемм, называемая окуляриумом

Можно бесконечно углубляться в особенности строения глаза насекомых и все равно затрудниться в ответе на такой простой и одновременно невероятно сложный вопрос: как видят насекомые? Человеку трудно даже представить образы, возникающие в сознании насекомых.

В отличие от человека, глаза насекомых не обладают возможностью подстройки: радиус кривизны световой линзы у них не меняется. В этом смысле насекомых можно назвать близорукими: они видят тем больше деталей, чем ближе к объекту наблюдения находятся [1].

При этом насекомые с фасеточными глазами способны различать очень быстро движущиеся объекты, что объясняется высокой контрастностью и малой инерционностью их зрительной системы. К примеру, человек может различать лишь около двадцати вспышек в секунду, а пчела — в десять раз больше! Такое свойство жизненно важно для быстролетающих насекомых, которым нужно принимать решения непосредственно в полете.

Цветовые образы, воспринимаемые насекомыми, также могут быть гораздо сложнее и необычнее, чем

у нас. К примеру, цветок, кажущийся нам белым, часто скрывает в своих лепестках множество пигментов, способных отражать ультрафиолетовый свет. И в глазах насекомых-опылителей он сверкает множеством красочных оттенков — указателей на пути к нектару [1].

Считается, что насекомые «не видят» красный цвет, который в «чистом виде» и встречается в природе чрезвычайно редко (исключение — тропические растения, опыляемые колибри). Однако цветы, окрашенные в красный цвет, часто содержат и другие пигменты, способные отражать коротковолновые излучения. А если учесть, что многие из насекомых способны воспринимать не три основных цвета, как человек, а больше (иногда до пяти!), то их зрительные образы должны представлять собой просто феерию красок.

И, наконец, «шестое чувство» насекомых — поляризационное зрение. С его помощью насекомым удастся увидеть в окружающем мире то, о чем человек может получить лишь слабое представление с помощью специальных оптических фильтров. Насекомые же таким способом могут безошибочно определять местонахождение

солнца на облачном небе и использовать поляризованный свет в качестве «небесного компаса». А водные насекомые в полете обнаруживают водоемы по частично поляризованному свету, отраженному от зеркала воды. Но вот какие при этом они «видят» образы, человеку просто невозможно себе представить...

У всех, кто по той или иной причине интересуется зрением насекомых, может возникнуть вопрос: почему у них не сформировался камерный глаз, подобный человеческому глазу, со зрачком, хрусталиком и прочими приспособлениями?



Рис. 5. Яблоко глазами человека

На этот вопрос в свое время исчерпывающе ответил выдающийся американский физик-теоретик, Нобелевский лауреат Р. Фейнман. Он сказал, что этому мешает несколько довольно интересных причин. Прежде всего, пчела слишком мала: если бы она имела глаз, похожий на наш, но соответственно уменьшенный, то размер зрачка оказался бы порядка сотых долей миллиметра, а поэтому искажения были бы столь велики, что пчела все равно не могла бы видеть лучше. Слишком маленький глаз — это не очень хорошо. Если же такой глаз сделать достаточного размера, то он должен быть не меньше головы самой пчелы. Ценность сложного глаза в том и состоит, что он практически не занимает места — просто тоненький слой на поверхности головы. Так что, прежде чем давать советы пчеле, не забывайте, что у нее есть свои собственные проблемы [1].

Поэтому неудивительно, что насекомые выбрали свой путь в зрительном познании мира. Да и нам, чтобы видеть его с точки зрения насекомых, пришлось бы, для сохранения привычной остроты зрения, обзавестись громадными фасеточными глазами. Вряд ли такое приобретение оказалось бы нам полезным с точки зрения эволюции.

Итак, как мы уже знаем, у разных насекомых видекартинка устроена по-разному. Например, для некоторых стрекоз доказана скорость зрения порядка 200 кадров в секунду, то есть почти в 10 раз больше, чем у человека. Скорость реакции соответствующая: попробуйте поймать стрекозу голыми руками — у вас ничего не выйдет, стрекоза будет видеть вас, как в замедленном кино, и легко увернется.

Бывает и по-другому. Например, у гусениц некоторых бабочек все зрение ограничивается несколькими простыми глазками. Вспомним, что нормальный фасеточный глаз насекомого состоит из сотен, а иногда тысяч простых глазков, каждый из которых работает подобно пикселю в матрице фотоаппарата. Так вот у гусениц всего несколько (обычно не больше десятка) таких «пикселей». Чтобы получить цельную картинку, гусеница вынуждена считывать ее как бы построчно, все время мотая головой из стороны в сторону (принцип похож на действие планшетного сканера, в котором небольшой сенсор перемещается относительно считываемого листа бумаги). Таким образом, у гусеницы все наоборот: вместо замедленного кино набор нечетких фотографий, на каждую из которых уходит по несколько секунд [2].

При помощи искусственного интеллекта попытаемся представить, как видит, например, муха обычное яблоко, которое человек держит на ладони (см. рис. 5). Моделирование показывает, что муха видит яблоко так, как показано на рис. 6.

Итак, можно сделать следующие выводы: зрение насекомых устроено гораздо сложнее человеческого, потому

что и жизнь насекомых гораздо сложнее человеческой: у них нет солнцезащитных очков, они не могут сходить к доктору-окулисту, им нужно видеть, что происходит слева и справа, сверху и снизу, чтобы уметь вовремя увернуться от птицы или мухобойки, которые могут прилететь с любой стороны.

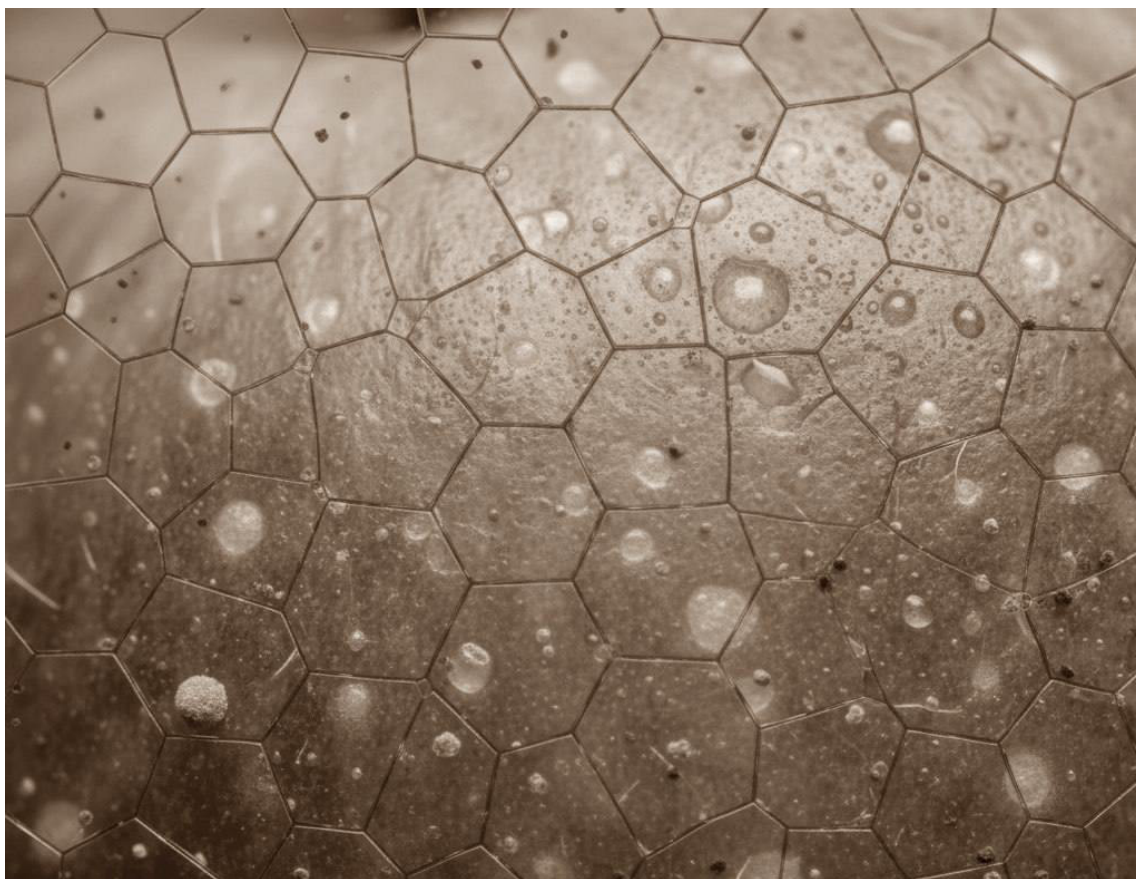


Рис. 6. Яблоко глазами мухи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Глупов, В. В. С точки зрения насекомого // Наука из первых рук, 2013, № 2, стр. 96–109.
2. Копылов, Д. Видят ли насекомые мир замедленным как в мультиках? // <https://yandex/q/science/158721>.
3. Тыщенко, В. П. Физиология насекомых. — М.: Высшая школа, 1986, 304 с.
4. Klowden, M. J. Physiological Systems in Insects: Academ Press, 2007, 688 p.
5. Nation, J. L. Insect Physiology and Biochemistry. Second Edition: CRC Press, 2008.

How do dental aesthetics affect the general health and emotional well-being?

Proskurnova Malika Ratmirovna, 12th-grade student

Scientific adviser: *Palamarchuk Natalia Alexandrovna, teacher*
Raffles International School (Dubai, United Arab Emirates)

1. Introduction

In the modern world, the appearance and condition of people's teeth have become one of the key factors, affecting not just their general health, but the level of self-confidence and emotional state. Dental aesthetics — including the alignment, color and shape play a vital role in social interactions, how individuals perceive themselves, how they are perceived by others, as well as how they engage in daily and professional activities and overall quality of life. While considerable attention is paid to the medical and technical factors in dentistry, the aesthetic sphere has increasingly been recognized as a central component of oral health that reaches into a patient's self-esteem.

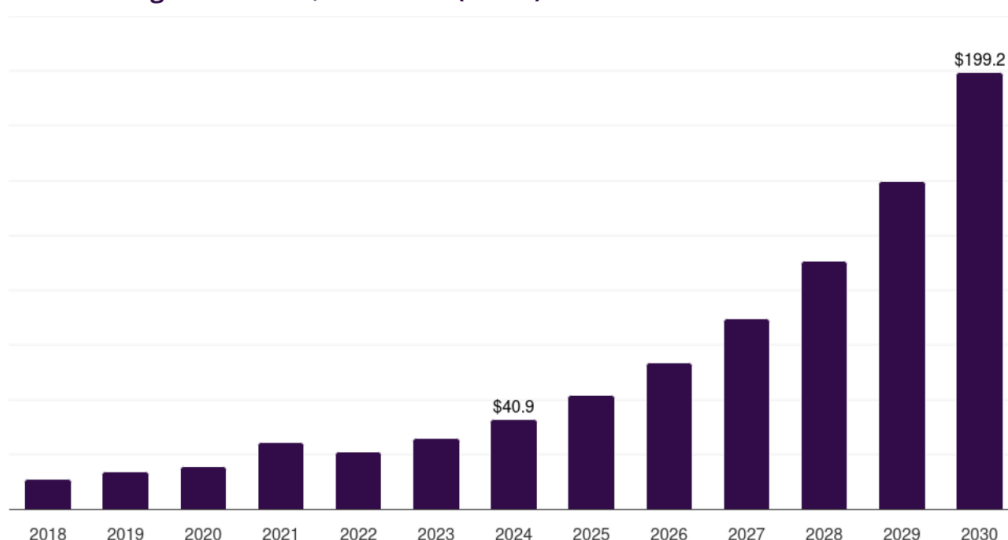
PubMed American studies have shown how poor dental aesthetics contribute to negative self-image, social anxiety and reluctance to smile or communicate freely. Their research has shown significant associations between dissatisfaction

with dental appearance and further psychological distress, social avoidance, and even depressive symptoms. In a study of 235 dental-clinic patients, 52.8 % (124/235) were not satisfied with their general dental appearance, where 56.2 % were unhappy with the color of their teeth, 32.3 % (76/235) felt their teeth were poorly aligned, 26.4 % (62/235) considered their teeth crowded [1].

Another vivid example of increasing demand for cosmetic dentistry is UAE. According to Credence Research reports, the cosmetic segment in the UAE has experienced an annual growth rate of 12 % over the past three years, where only tooth whitening procedures increased by 25 %. [2]

The Grand View research states that the UAE clear aligners market generated a revenue of USD 40.9 million in 2024 and is expected to reach USD 199.2 million by 2030 [3]. (Please refer to the diagram below).

UAE clear aligners market, 2018-2030 (US\$M)



The increase in demand in 2030 is predicted to be almost five times larger than 2024, highlighting the growing awareness, accessibility, and prioritization of dental aesthetics among the UAE population.

Improved visual appearance of teeth is not the only benefit of aesthetical procedures, such as braces. PMC research used a large-scale survey on two distinct groups of individuals: those who had orthodontic treatment and those who had not. They found that people who went through an orthodontic treatment had a lower probability of untreated dental caries compared to those who did not. In addition to this, the first group experienced a lower mean number of decayed teeth. This indicates that improved alignment helps reduce risk of caries, as misalignment (crowding, crossbite, open bite etc.)

creates areas hard to clean, which trigger plaque formation and causes enamel demineralization, tooth decay and erosion.

These findings provide a deeper understanding of the fact that nowadays general health is not the only reason patients seek dental treatment, but that the aesthetic concerns and the desire for improved emotional well-being also play a significant role. This research will use a structured survey as the primary data collection method to gather insights from six participants residing in the UAE, which will help address the central research question: 'How do dental aesthetics affect general health and emotional well-being?'

2. Literature review

There are several important studies the relationship between dental aesthetics and different aspects of human health,

including psychological well-being, oral functionality, and social confidence.

The 2014 study «*The Importance of Dental Aesthetics Among Dental Students*» revealed that even individuals professionally trained in dentistry are not immune to the psychological and social implications of dental appearance. Among 100 surveyed dental students, many reported concerns about their smile and tooth color, which affected their confidence, social interactions, and perceived career prospects [4]. This indicates that awareness of dental aesthetics deeply influences self-perception, reinforcing the psychological dimension of oral health.

Similarly, a study published on PubMed Central explored the broader psychological implications of dental aesthetics in adults. Using validated questionnaires, it found a strong correlation between dissatisfaction with self dental appearance and lower self-esteem, higher social anxiety, and diminished emotional well-being [5]. This highlights that dental aesthetics are far from a purely cosmetic issue—they directly shape emotional health and social functioning.

The MDPI Healthcare Journal (2024) provided further quantitative evidence linking dental aesthetics to psychological health. In a cross-sectional study of 141 patients seeking orthodontic treatment, researchers found that 22 % of participants had low self-esteem directly tied to their perception of dental appearance [6]. Social impact, aesthetic concern, and dental self-confidence collectively explained 23 % of the variation in self-esteem, showing that psychological well-being is heavily dependent on how individuals perceive their own smiles.

A study conducted at a university hospital in Riyadh, KSA (2020), published in the *Saudi Journal of Oral Sciences*, also supported these findings. Nearly half of the adult participants (49.3 %) expressed dissatisfaction with their teeth color, which correlated with lower emotional satisfaction and higher interest in cosmetic dental procedures [7]. The scholars called for greater public awareness about safe and effective cosmetic dental options, recognizing that improving dental aesthetics can improve mental and emotional health.

Beyond psychological effects, dental aesthetics are closely linked to functional and physiological health outcomes. Misaligned or crowded teeth can lead to oral hygiene difficulties, increased plaque accumulation, and higher susceptibility to dental diseases. The systematic review «*Dental Crowding as a Caries Risk Factor*» synthesized eight studies and found a notable association between dental crowding and dental caries. Specifically, the mandibular anterior region (lower front teeth) showed a significant positive correlation between crowding and caries incidence, emphasizing how aesthetics-related alignment issues can translate into measurable oral health risks.

Further supporting this link, the *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology* examined 1,119 individuals aged 13–21 and found that misaligned teeth were associated with various oral diseases, including cavities, toothache, and gum problems [8]. Notably, 298 participants had cavities, 547 experienced toothache, and 321 suffered gum issues—all linked to alignment disorders. The study underlined the functional consequences of poor dental alignment, suggesting that proper aesthetics contribute not only to attractiveness but also to healthier oral functioning.

Complementing this evidence, a *PubMed* (2023) study titled «*Impact of Malocclusion and Oral Habits on Oral Health-Related Quality of Life and Sleep Disturbance in Young Adults*» examined 213 participants aged 18–30. It found that malocclusions such as anterior open bite significantly impaired oral health-related quality of life and even contributed to sleep disturbances [9]. This suggests that improving dental aesthetics through orthodontic correction can enhance not only oral functionality but also broader aspects of general health, including rest and overall daily well-being.

Across these studies, a consistent pattern is seen: dental aesthetics influence both psychological and physiological aspects of general health. Improvements in orthodontics and aesthetic dentistry, especially in the past decade, have made it possible not only to enhance smiles cosmetically but also to prevent disease, improve oral function, and elevate self-esteem. This perspective suggests that a healthy smile supports both physical and mental wellness.

Individuals dissatisfied with their dental appearance experience reduced self-confidence, increased social withdrawal, and poor emotional stability, which can indirectly affect general health through stress and damage the overall quality of life due to the reduced social engagement. Misaligned or crowded teeth increase risks of caries, periodontal disease, and even systemic inflammation if left untreated. Therefore, maintaining dental aesthetics through orthodontic or cosmetic interventions is not just about improving appearance, it is a preventive health measure.

Dental aesthetics are an essential component of general health, influencing individuals on physical, psychological, and social levels. The alignment, color, and condition of teeth affect not only oral function and hygiene but also emotional well-being and self-perception. Studies from various countries and populations consistently show that aesthetic dental concerns correlate with mental health challenges such as low self-esteem and social anxiety, while misalignment contributes to oral diseases and discomfort.

With the progress in orthodontics and cosmetic dentistry, modern dental care should take a more complete approach that focuses on both function and appearance. Research shows that improving how teeth look can boost confidence, help people feel more comfortable in social situations, and improve emotional well-being. At the same time, better dental aesthetics can help prevent oral diseases and support overall health.

3. Methodology

Nowadays, more and more teenagers and young adults are claiming to get the cosmetic dental procedures, such as braces or veneers. Braces are the most common and effective method for correcting dental issues, including crooked teeth and misalignment. As the pressure to maintain an attractive appearance increases in modern society, the popularity of orthodontic treatments continues to grow. Teenagers are often worried about their appearance, and many are willing to endure the possible discomfort that braces may cause, in order to boost their confidence while speaking or smiling in public, especially at school. For them, having straight teeth is not only about health but also about fitting in and being emotionally satisfied with physical looks.

Another procedure has also become increasingly popular among young adults, seeking quick and noticeable improve-

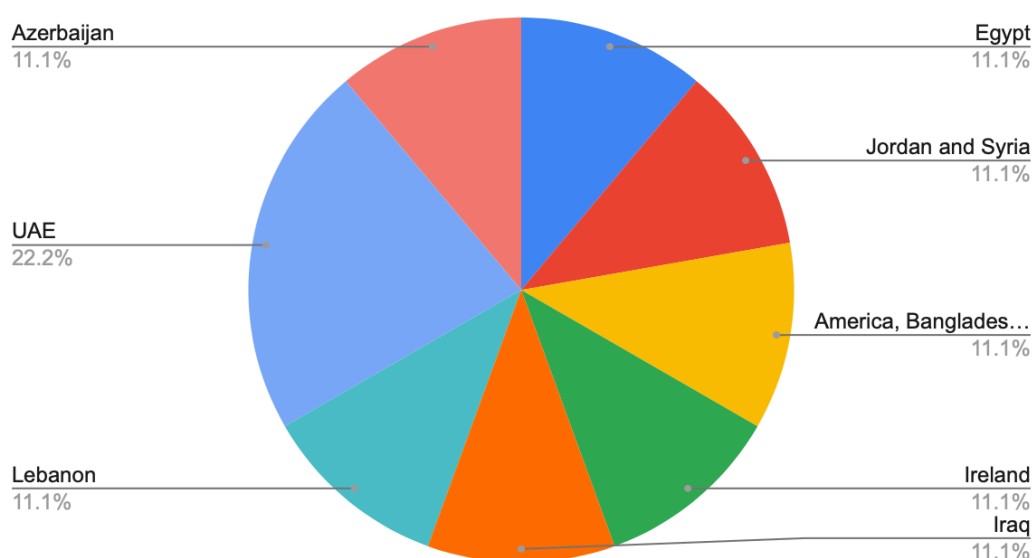
ments to their smiles. Thin, custom-made veneers are applied to the front surface of the teeth to correct issues such as discoloration, uneven shapes, and minor gaps. In a society, where physical appearance is closely linked to self-confidence and social perception, many young adults view veneers as an appealing option for achieving a flawless smile with immediate results. Despite the higher cost and the fact that a small amount of enamel may need to be removed, the desire for polished and camera-ready appearance often outweighs these concerns. This treatment is typically performed for cosmetic rather than medical purposes, as veneers are mainly used to achieve a more aesthetically pleasing smile rather than to correct underlying dental issues. As a result, veneers have become a common choice for individuals seeking fast and prominent change.

4. Results

In my research, I aimed to provide information that helps to explore this issue. I designed a questionnaire consisting of 15 questions that focused on experiences with and opinions about dental cosmetic procedures. The survey was printed and distributed to 10 participants living in Dubai, United Arab Emirates. Each participant was given 25 minutes to complete the questionnaire, ensuring they had sufficient time to provide thoughtful and accurate responses. This method allowed me to gather direct insights into their attitudes, motivations, and personal experiences related to cosmetic dental treatment.

Initially, my analysis began with an assessment of the demographic data obtained from the questionnaire I designed.

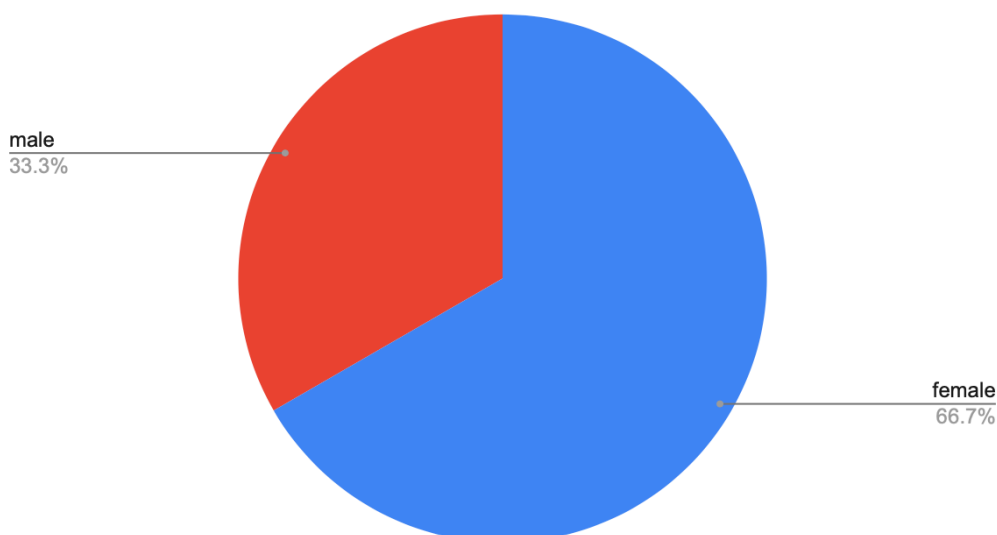
1. Where are you from? – количество



The demographic data varies across participants, but the highest percentage are individuals from the UAE. This indicates that the sample is largely representative of the local population targeted in this study. Two participants were from UAE, and one from each of the following countries: Iraq,

Azerbaijan, Lebanon, Jordan and Syria, America and Bangladesh, Egypt, Ireland. Some of the participants had a mixed nationality, which made the investigation more diverse and allowed for a broader understanding of different cultural perspectives.

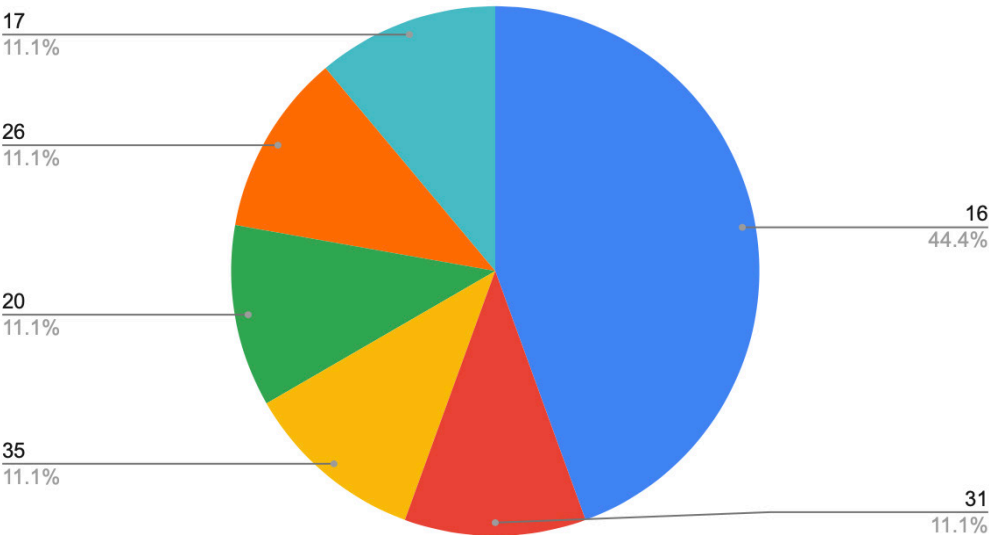
3. What's your gender? – количество



Another factor examined in the demographic data was gender, with 66.7 % of participants identifying as female and 33.3 % as male. This imbalance suggests that women may be more engaged or interested in dental aesthetic treatments, and therefore more willing to participate in research related to appearance and oral aesthetics. The higher female participation could also reflect broader societal trends, as women often report greater concern for cosmetic enhancements and

self-presentation, which aligns with the objectives of this study. Overall, the gender distribution suggests that dental aesthetic treatments may hold stronger relevance or appeal among females, reinforcing the idea that aesthetic-driven oral care is often perceived as more significant for women. This pattern supports the research focus by highlighting how gender can influence attitudes, motivations, and engagement with dental aesthetic services in the UAE.

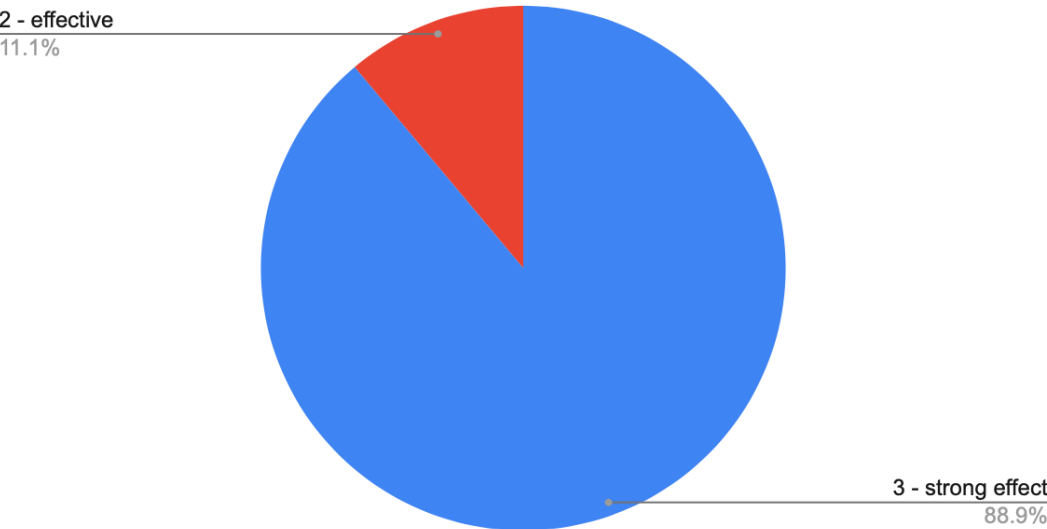
Count of 2. What's your age?



The age distribution of participants showed that the majority, 44.4 %, were 16 years old, while the remaining ages (17, 20, 26, 31, and 35) each represented 11.1 % of the sample. This indicates that younger individuals, particularly those in their mid-teens, were more prominent in the study. The strong representation of 16-year-olds suggests that dental aesthetic treatments, especially orthodontic procedures like braces or aligners, are commonly initiated during adolescence. The smaller but diverse range of older ages demonstrates that

adults also pursue aesthetic dental improvements, though at a lower frequency. Overall, the age data suggests that dental aesthetic treatments are most commonly started during teenage years, aligning with typical orthodontic intervention periods, while still remaining relevant for adults seeking aesthetic enhancement later in life. This supports the research objective by highlighting how age influences the timing and motivations behind pursuing dental aesthetic procedures in the UAE.

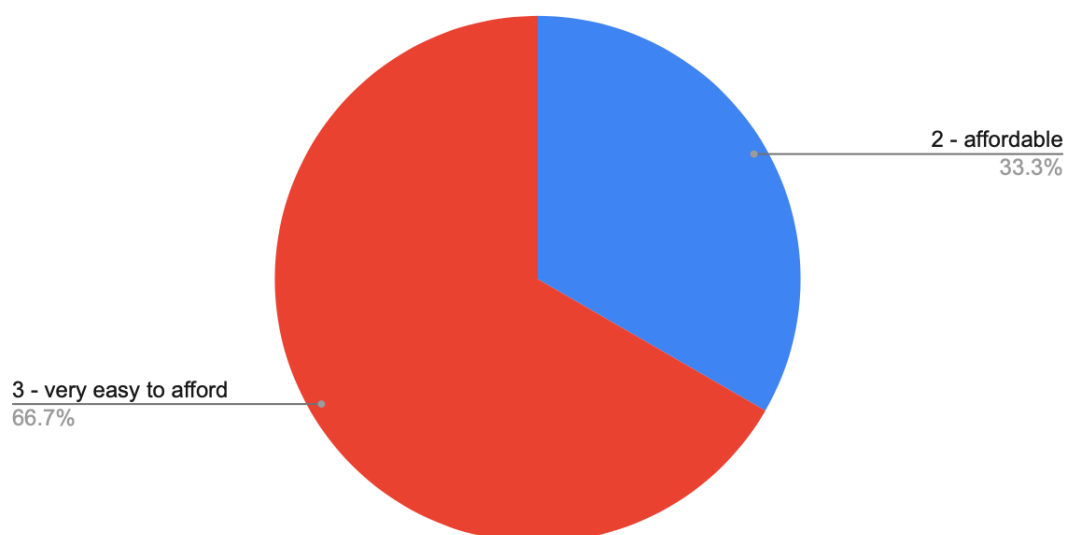
10. How much did your treatment affect your confidence? – КОЛИЧЕСТВО



When assessing the impact of dental aesthetic treatments on confidence, 88.9 % of participants rated the effect as 3 — strong effect, while the remaining 11.1 % rated it as 2 — effective. These results indicate that nearly all participants experienced a noticeable boost in confidence following their treatment. The overwhelmingly positive responses suggest that improvements in dental appearance, such as straighter teeth, better alignment, and a more attractive smile, directly

ly contribute to enhanced self-esteem and greater comfort in social interactions. The confidence data suggests that dental aesthetic treatments play a significant role in improving individuals' self-perception and social confidence. This strongly supports the research aim by demonstrating that aesthetic dental interventions are not only physical enhancements but also contribute meaningfully to emotional and psychological well-being.

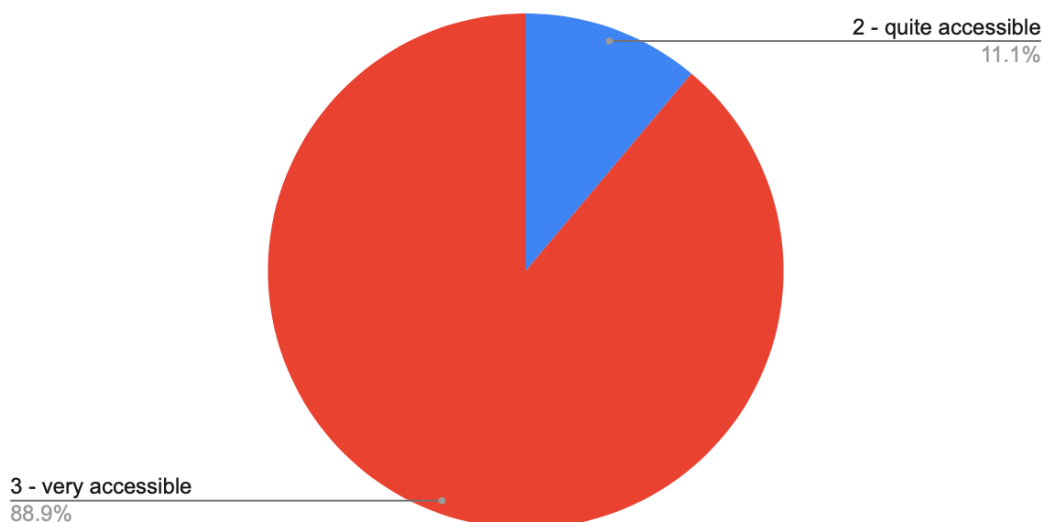
13. How affordable was this treatment for your family? — КОЛИЧЕСТВО



Regarding affordability, 66.7 % of participants rated the treatment as 3 — very easy to afford, while the remaining 33.3 % rated it as 2 — affordable. This indicates that for all participants, the financial aspect of undergoing dental aesthetic treatment, did not pose a problem. The majority found the cost highly manageable, suggesting that either their families had sufficient financial resources or that dental services in their area offered pricing and payment options that made

treatment accessible. The affordability data suggests that dental aesthetic treatments are generally financially accessible for the participants' families, which may contribute to the high willingness to undergo such procedures. This supports the research by highlighting that cost is not a significant barrier in this sample, allowing individuals to prioritize dental aesthetics and associated confidence benefits.

14. How accessible were dental aesthetic services in your area? — КОЛИЧЕСТВО



In terms of accessibility, 88.9 % of participants rated dental aesthetic services in their area as 3 — very accessible, while 11.1 % rated them as 2 — quite accessible. This indicates that nearly all participants found it easy to reach clinics offering cosmetic and orthodontic treatments, suggesting strong availability of dental aesthetic services within their communities. The high accessibility may be due to the growing number of dental clinics, advanced facilities, and widespread orthodontic and cosmetic options across the UAE.

The accessibility data suggests that dental aesthetic services are readily available to most individuals in the study, reducing barriers to seeking treatment. This supports the research by showing that the UAE's well-developed dental sector plays a key role in enabling individuals to pursue aesthetic improvements and benefit from associated functional and confidence-related outcomes.

5. Conclusion

Dental aesthetics are an essential component of general health, influencing individuals on physical, psychological, and social levels. The alignment, color, and condition of teeth affect not only oral function and hygiene but also emotional well-being and self-perception. Studies from various countries and populations consistently show that aesthetic dental concerns correlate with mental health challenges such as low self-esteem and social anxiety, while misalignment contributes to oral diseases and discomfort.

With the progress in orthodontics and cosmetic dentistry, modern dental care should take a more complete approach that focuses on both function and appearance. Research shows that improving how teeth look can boost confidence, help people feel more comfortable in social situations, and improve emotional well-being. At the same time, better dental aesthetics can help prevent oral diseases and support overall health.

REFERENCES:

1. PubMed Research «BMC Oral Health» <https://link.springer.com/article/10.1186/1472-6831-11-6>
2. Credence Research «Dentistry Market» https://www.credenceresearch.com/report/uae-restorative-and-endo-dentistry-market?utm_source=chatgpt.com
3. Grand View Research «UAE Clear Aligners Market Size & Outlook» https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/clear-aligners-market/uae?utm_source=chatgpt.com
4. Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry https://journals.lww.com/jpcd/full-text/2014/04010/the_importance_of_dental_aesthetics_among_dental.10.aspx
5. National Library of Medicine <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9379174/>
6. MDPI — Dental Aesthetics and Self-Esteem of Patients Seeking Orthodontic Treatment <https://www.mdpi.com/2227-9032/12/16/1576>
7. Saudi Journal of Oral Sciences https://journals.lww.com/sjed/fulltext/2020/07030/dental_esthetics_and_its_effect_on_psychological.11.aspx?utm_source=chatgpt.com
8. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology https://ijasbt.org/vol_11/Deepak_and_Avinash-Tejas-vi_11.4.pdf?utm_source=chatgpt.com
9. PubMed 'Impact of Malocclusion and Oral Habits on Oral Health-Related Quality of Life and Sleep Disturbance in Young Adults' <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39354221/>
10. Science Direct — Psychological Impact and Perceptions of Orthodontic Treatment.



ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Исследование аэродинамических свойств органов зрения перепончатокрылых насекомых

Абляз Каролина Тимуровна, учащаяся 2-го класса
ГБПОУ «Пермская краевая специальная музыкальная школа»

Абляз Аделина Тимуровна, учащаяся 4-го класса
МАОУ «СОШ № 2 с углубленным изучением предметов гуманитарного профиля им. В. Н. Татищева» г. Пермь

Научный руководитель: *Абляз Тимур Ризович, директор Передовой инженерной школы*
«Высшая школа авиационного двигателестроения»
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Проведено исследование поверхностной структуры органов зрения перепончатокрылых насекомых трех видов: пчелы, осы, шмели. Установлено, что у изученных видов насекомых фасеточная структура глаза. Полученные результаты не противоречат проведённому литературному анализу. Разработана экспериментальная методика изучения аэродинамических свойств глаза на примере объектов-имитаторов. Установлены предварительные данные, описывающие влияние структуры глаза на скорость и давление воздуха.

Ключевые слова: *насекомые, перепончатокрылые, органы зрения, фасеточный глаз, аэродинамика.*

Введение

При создании современных изделий и конструкций применяются технологии бионического дизайна. В основе бионического дизайна заложен подход проектирования и изготовления инженерных изделий путем заимствования их формы и конструкций по примеру природных [1–3].

Анализ работ [1–5] показывает, что, несмотря на длительную историю использования принципов функционирования живой природы, данная тема не изучена в полной мере.

Как отмечено в работах [6–8], насекомые являются самым многочисленным и распространенным классом животных на нашей планете. При этом 10–15 % из общего числа насекомых составляет отряд перепончатокрылые. Согласно Аннотированному каталогу перепончатокрылых насекомых России [9], из общего числа видов отряда перепончатокрылых более 20 % составляют жалоносные. К жалоносным перепончатокрылым относятся: муравьи, осы, пчелы и шмели [9]. К характеристикам данных насекомых относятся их высокая скорость и маневренность полета [10]. Отмечено, что представители жалоносных перепончатокрылых обладают повышенными аэродинамическими характеристиками, что позволяет им совершать быстрые ускорения, смена траектории полета, зависание и др. При этом стоит

отметить, что повышенные аэродинамические характеристики полета должны обеспечивать глаза насекомого, которые составляют до 30 % фронтальной площади головы.

Гипотеза работы: изучение структуры глаза жалоносных позволит сформировать подходы к проектированию инженерных изделий, в том числе спортивного назначения (авто и мотошлемы, горнолыжные очки, и др.), к которым предъявляются повышенные аэродинамические требования. В связи с этим актуальной задачей является исследование аэродинамических свойств органов зрения перепончатокрылых насекомых.

Объект исследования: органы зрения перепончатокрылых насекомых.

Предмет исследования: поверхностная структура и аэродинамические свойства органов зрения перепончатокрылых насекомых.

Цель: изучить поверхностную структуру и аэродинамические характеристики органов зрения перепончатокрылых насекомых на примере пчелы, осы и шмеля.

Задачи:

1. Литературный анализ органов зрения перепончатокрылых насекомых.
2. Разработка методики проведения исследования.
3. Проведение микроструктурного анализа органов зрения шмеля, пчелы, осы.

4. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик объектов-имитаторов формы глаза.

Методы исследования. В работе использованы эмпирические методы исследования: оптическая микроскопия, исследование в аэродинамической трубе.

1. Литературный анализ органов зрения перепончатокрылых насекомых

Анализ работ [11–13] показал, что основным парным органом зрения перепончатокрылых насекомых, в том числе жалоносных, являются фасеточные глаза. Структура фасеточного глаза представлен на рисунке 1.

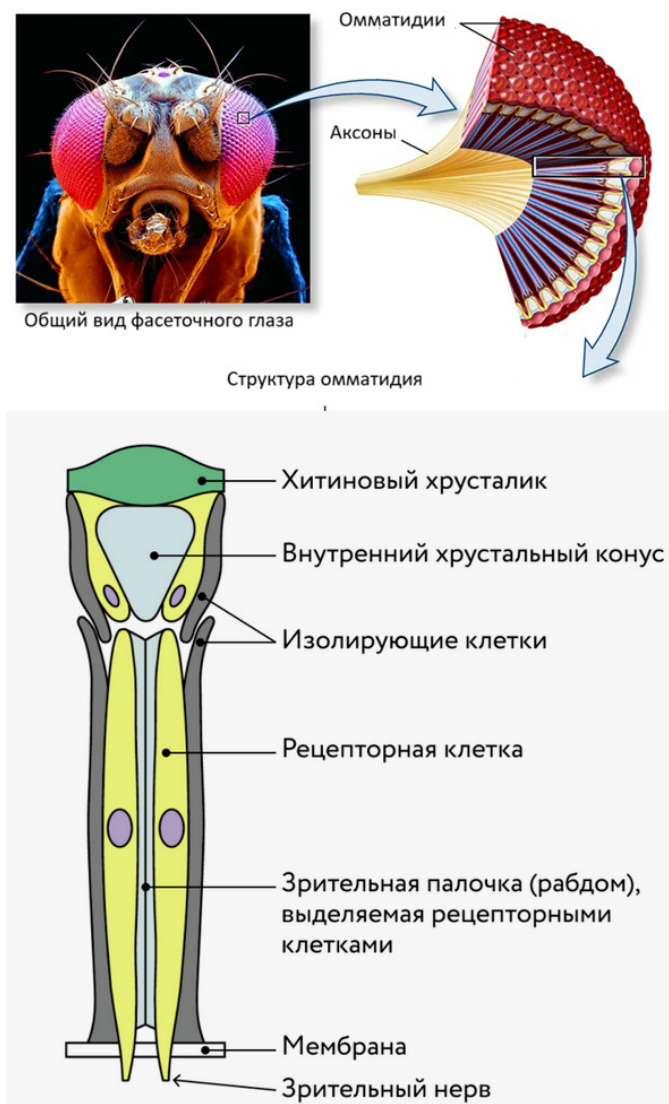


Рис. 1. Структура фасеточного глаза

Фасеточные глаза состоят из единичных структур — омматидиев, имеющих вид узких, сильно вытянутых конусов, сходящихся своими вершинами в глубине глаза, а своими основаниями образующих его сетчатую поверхность.

Каждый омматидий имеет ограниченный угол зрения и «видит» только тот крошечный участок находящегося перед глазами предмета, на который направлено продолжение оси данного омматидия; но так как омматидии тесно прилегают друг к другу, а при этом их оси расходятся лучеобразно, то сложный глаз охватывает предмет в целом, причем изображение предмета получается мозаичным (то есть составленным из множества отдельных кусочков) и прямым (а не перевернутым, как в глазу человека).

Фасеточные глаза являются неподвижным органом и занимают до 30 % фронтальной площади головы жалоносных. Таким образом, в процессе полета насекомого, от формы головы и, в частности фасеточного глаза, зависит аэродинамика всего насекомого [14]. На основе теоретических исследований показано, что поверхности фасеточных глаз по бокам головы плавно переходят в хитиновый панцирь, что уменьшает турбулентность на передней кромке тела во время полета. Установлено, что широкое основание головы, за счет органов зрения, помогает распределять давление встречного воздуха, создавая стабильную базу для крепления груди (торака), где расположены основные «двигатели» — крылья. При этом важно отметить, что к жалоносным насекомым (пчелы, осы, шмели) предъявляются повышенные

требования к маневренности, управляемости и стабильности полета.

Косвенным примерами, доказывающими влияние поверхностной структуры по типу фасеточной, могут

являться работы по анализу аэродинамических свойств мячей для гольфа [15].

На рисунке 2 представлен общий вид и аэродинамические свойства мяча для гольфа.

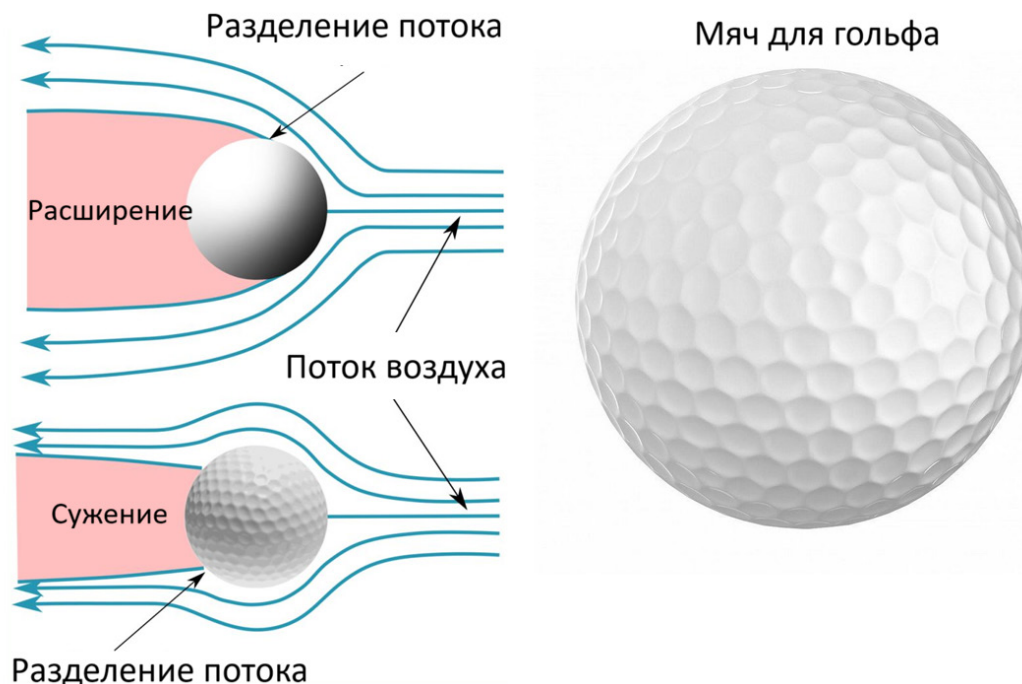


Рис. 2. Аэродинамические свойства мяча для гольфа

Отмечается, что полет мяча для гольфа существенным образом отличается от поведения гладких мячей. Полет мяча для гольфа характеризуется стабильной и управляемой траекторией полета. Наличие на поверхности мяча ямок (димплов) позволяет уменьшить сопротивление воздуха, тем самым увеличивая дальность полета. В работе [15] показано, что воздух при взаимодействии с единичными ямками создает на поверхности мяча тонкий поверхностный слой, позволяющий скользить через поток встречного воздуха. При этом за мячом формируется зона пониженного давления воздуха.

В работе [16] показано, что нанесение на традиционный (круглый) мяч, единичных ямок произошло случайно. Однако был установлен положительный эффект, который лег в основу создания современных мячей для гольфа.

Наиболее распространенные технологические решения с применением подходов бионического дизайна на основе фасеточного глаза насекомого являются высокоскоростные камеры, датчики и эндоскопы (Рисунок 3) [17].

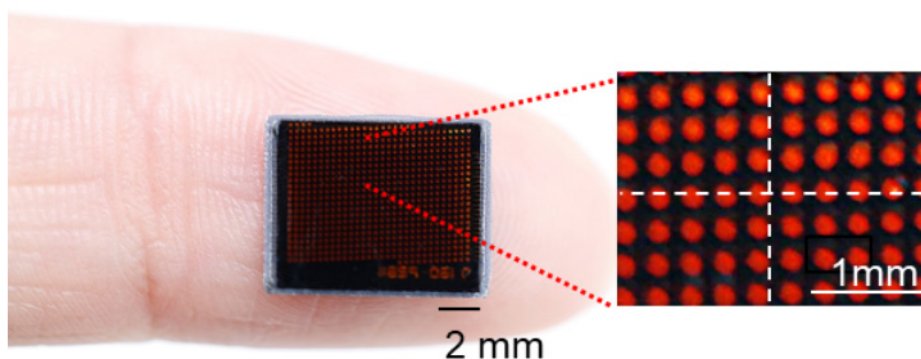


Рис. 3. Высокоскоростная камера по принципу фасеточного глаза

На основе проведенного анализа установлено, что в настоящее время не в полной мере изучено влияние внешней структуры глаза жалоносных насекомых на их аэродинамические характеристики. В рамках исследования сформулирована гипотеза о возможности примене-

ния структурных особенностей внешней поверхности глаза жалоносных насекомых при проектировании инженерных изделий, к которым предъявляются повышенные аэродинамические требования.

2. Методика проведения экспериментального исследования

В качестве объект исследования выбраны органы зрения перепончатокрылых жалоносных насекомых: шмель, пчела, оса.

Предмет исследования является поверхностная структура и аэродинамические свойства органов зрения перепончатокрылых жалоносных насекомых.

На рисунке 4 представлены 3 вида жалоносных насекомых, выбранных для проведения исследования.

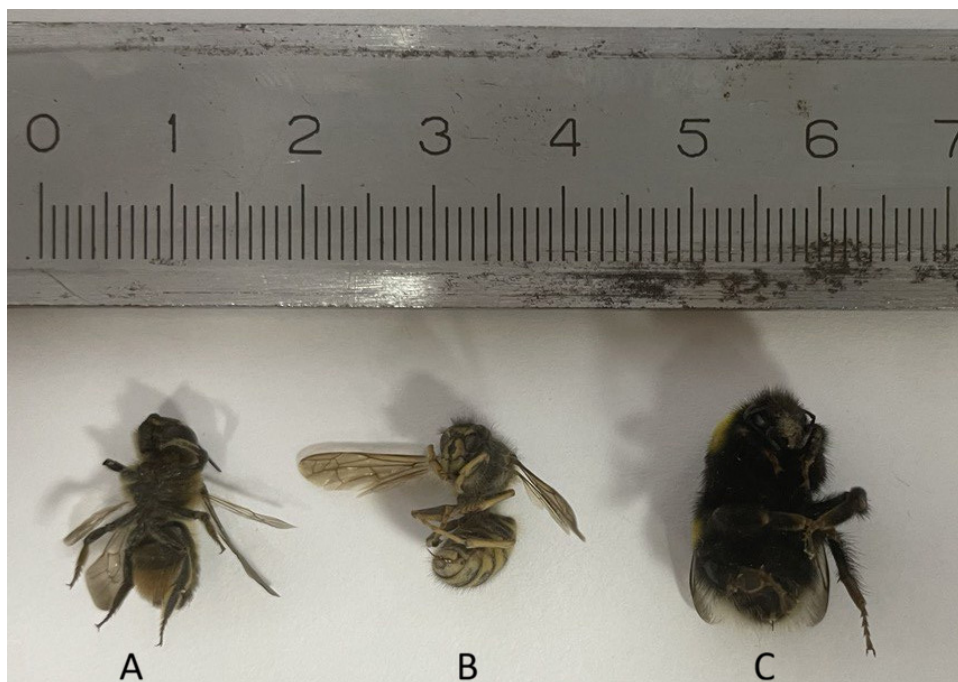


Рис. 4. Образцы жалоносных насекомых: А) Пчела, В) Оса, С) Шмель

Для изучения строения органов зрения, голова насекомого отсекалась от туловища при помощи скальпеля и закреплялась на предметное стекло при помощи липкой ленты.

Анализ поверхностной структуры органов зрения проводился на оптическом микроскопе Olympus GX 51 при увеличении 100х и 200 х (рисунок 5).



Рис. 5. Оптический микроскоп Olympus GX 51

Для изучения аэродинамических характеристик органов зрения жалоносных насекомых разработана экспериментальная методика по измерению скорости и давле-

ния потока воздуха при обтекании двух цилиндрических образцов — имитаторов гладкого и фасеточного глаза. Образцы имитаторы представлены на рисунке 6.

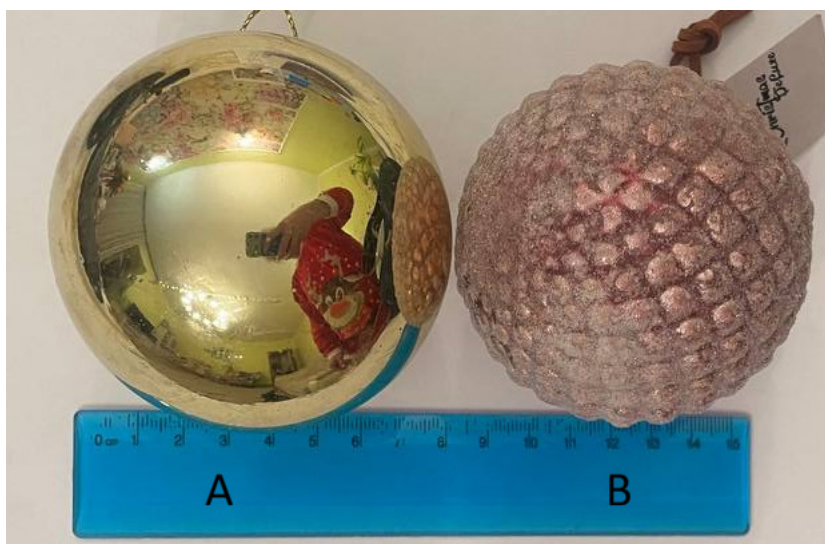


Рис. 6. Экспериментальные образцы — имитаторы: А) Гладкая поверхность; В) Фасеточная поверхность

Экспериментальные испытания проводились на лабораторной аэродинамической трубе (рисунок 7).

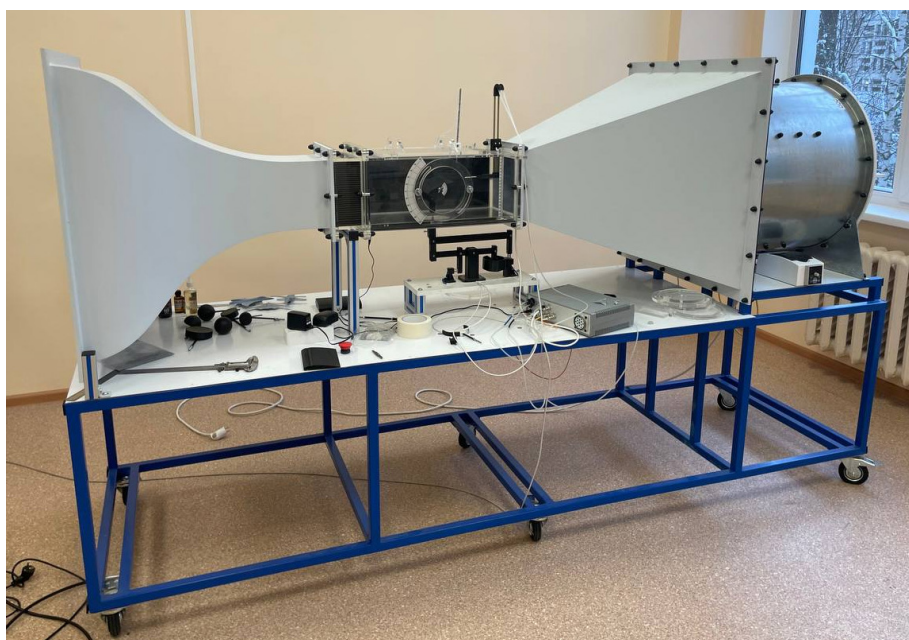


Рис. 7. Аэродинамическая труба

Исследуемые объекты закреплялись неподвижно внутри рабочей камеры аэродинамической трубы. При-

бор для измерения характеристик потока воздуха (Трубка Пито) располагался за объектом (рисунок 8).

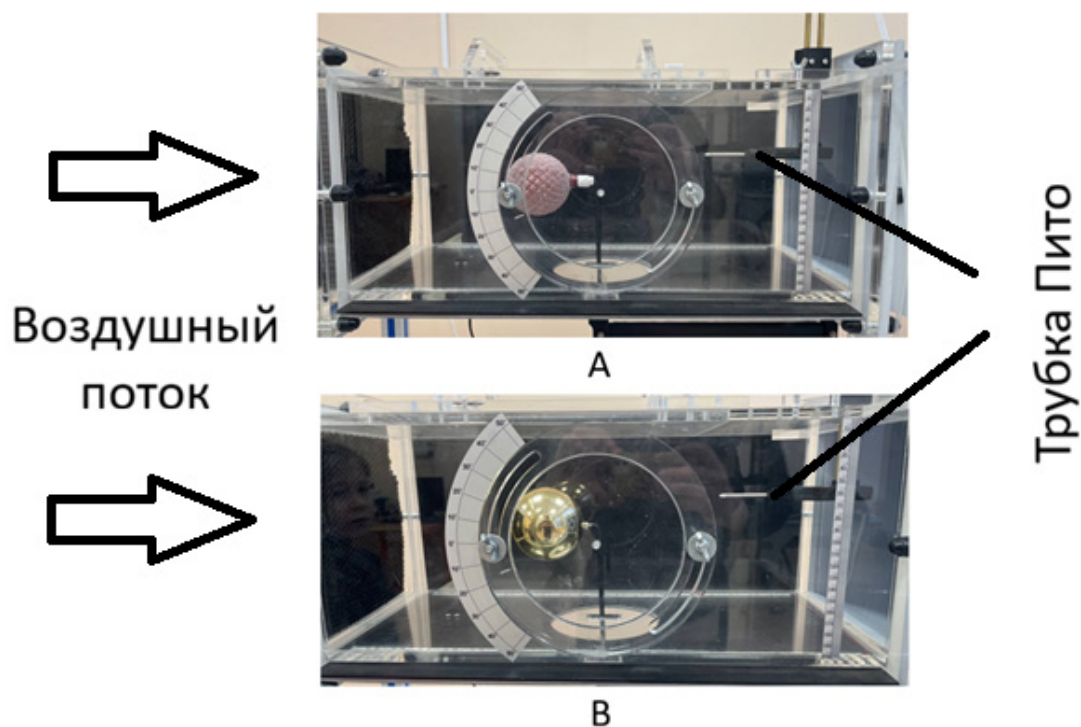


Рис. 8. Закрепление экспериментальных образцов–имитаторов: А) Фасеточная поверхность; В) Гладкая поверхность

Координатная схема размещения, образцов имитаторов, а также точки, в которых проводился замер показаний, представлены на рисунке 9.

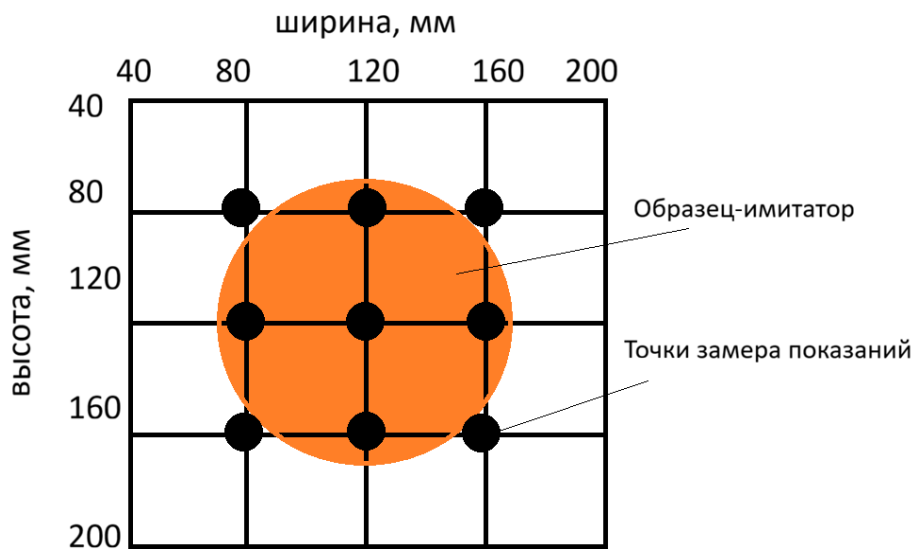


Рис. 9. Координатная схема размещения образца-имитатора

Значения параметров в рабочей камере аэродинамической трубы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения параметров в рабочей камере аэродинамической трубы

№	Параметры	Значение
1	Температура воздуха в трубе, °C	21,3
2	Плотность воздуха, кг/м³	1,2
3	Атмосферное давление, мм.рт.ст.	757,9

Экспериментальные исследования проводились на 50 % мощности аэродинамической трубы. В качестве измеряемого параметра выбрано давление потока воздуха в 9 точках, согласно координатной схеме (рисунок 9).

3. Результаты исследования и обсуждения

На рисунках 10–12 представлена поверхностная структура органов зрения жалоносных насекомых: шмель, оса, пчела.

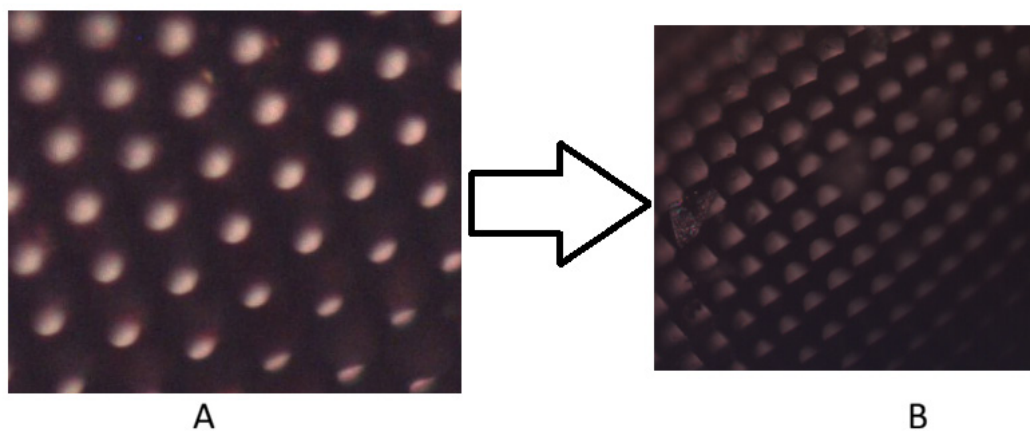


Рис. 10. Поверхностная структура органа зрения осы: А) Увеличение 100 х; В) Увеличение 200 х

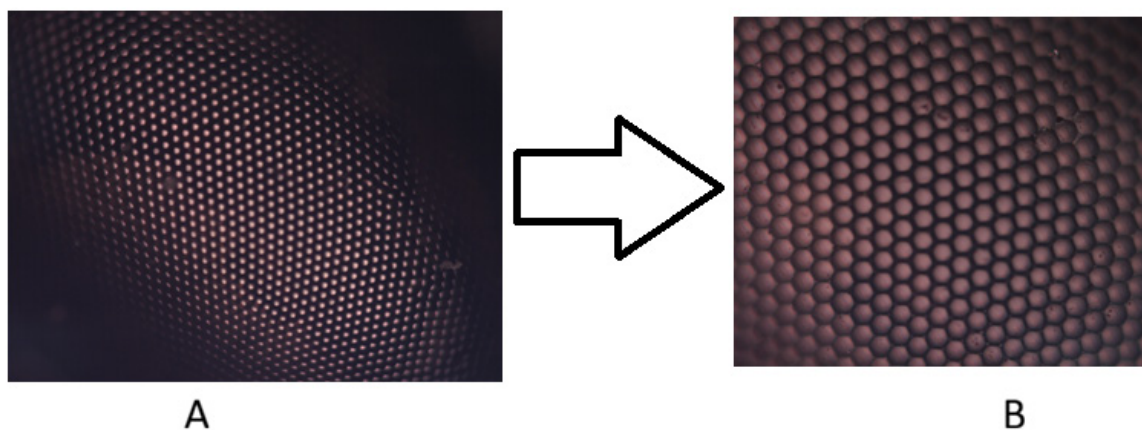


Рис. 11. Поверхностная структура органа зрения пчелы: А) Увеличение 100 х; В) Увеличение 200 х

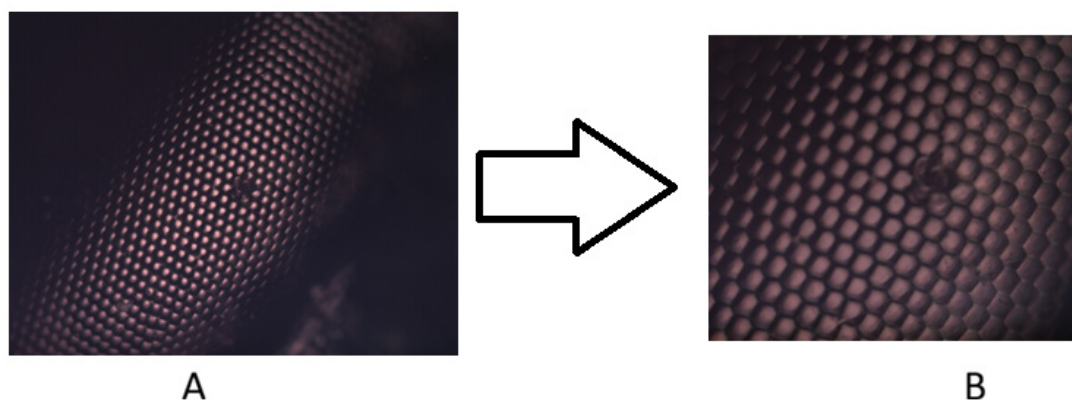


Рис. 12. Поверхностная структура органа зрения шмеля: А) Увеличение 100 х; В) Увеличение 200 х

На основе проведенного анализа установлено, что поверхность органов зрения рассмотренных насекомых имеет идентичную фасеточную структуру, что не противоречит существующим научным данным. На некоторых

образцах органов зрения наблюдаются поврежденные участки, что свидетельствует о возможном контакте насекомого со встречными объектами во время полета. Отмечено, что единичная омматидия имеет форму

шестиугольника. Наблюдается плотное прилегание шестиугольников друг к другу. Общий вид поверхностной структуры органа зрения напоминает медовые соты. Возможной причиной, такой формы единичного омматидия является обеспечение геометрической замкнутости и прилегание единичных структур фасеточного глаза без зазоров. Шестиугольная форма характеризуется наименьшим периметром при максимальной площади

поверхности, позволяющая собирать единый контур без пустот. Подобная структура, по аналогии с пчелиными сотами, характеризуется повышенной прочностью и упругостью.

Для визуализации результатов измерения давления потока воздуха, полученные результаты представлены в виде координатных схем на рисунке 13.

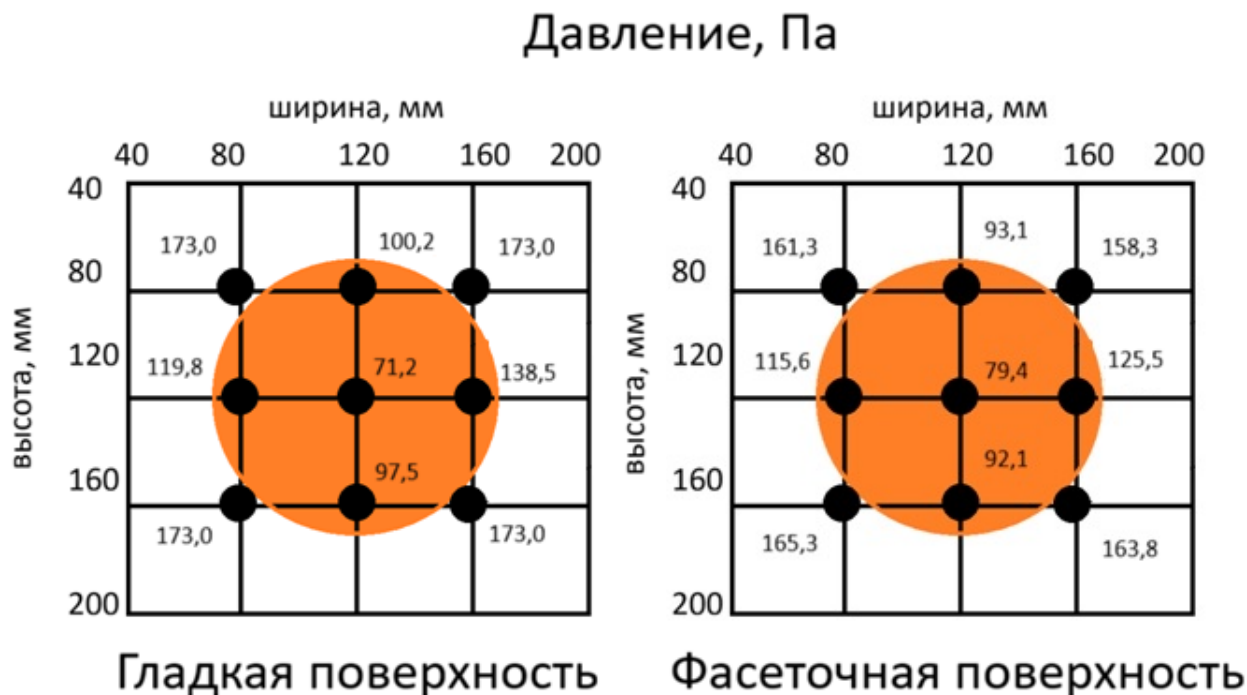


Рис. 13. Результаты измерения давления потока воздуха

Анализ результатов показал, что при обтекании потоком воздуха объекта имитирующего орган зрения с фасеточной структурой происходит падение давления на границах контакта. Отмечается, что величина разности давления не значительная, что может быть связано с погрешностями при проведении измерения. Однако на основании полученных результатов возможно предположить, что фасеточная структура способствует появлению пограничного слоя на поверхности объекта. Что в свою очередь позволяет создать зону с пониженным давлением и оказать влияние на характеристики полета. Таким образом, можно предположить, что фасеточная структура органов зрения жалоносных насекомых обеспечивает не только заданные зрительные свойства, но также оказывает влияние на его аэродинамические характеристики.

4. Выводы

1. Установлено, что основным органом зрения перепончатокрылых жалоносных насекомых является фасеточный глаз. Показаны теоретические и экспериментальные подходы к созданию инженерных объектов с применением методов бионического дизайна на основе структуры глаза насекомого.
2. Разработана методика проведения исследования аэродинамических характеристик органов зрения рассматриваемой группы насекомых с применением объектов-имитаторов с гладкой и фасеточ-

ной структурой. Показано, что предложенная методика позволяет установить предварительные характеристики влияния структуры поверхности глаза на изменение давления потока.

3. На основе микроструктурного анализа органов зрения пчелы, осы и шмеля установлено, что единичная омматидия имеет форму шестиугольника. Наблюдается плотное прилегание шестиугольников друг к другу. Общий вид поверхностной структуры органа зрения напоминает медовые соты. Так как сотовая структура характеризуется повышенной прочностью, можно предположить, что глаза насекомого выполняет не только зрительные но и защитные функции.
4. На основе экспериментальных исследований установлено, что фасеточная структура глаза способствует снижению давления потока воздуха. Таким образом, снижается сопротивление воздуху, что способствует стабилизации, маневренности и управляемости полетом.
5. Подтверждается гипотеза о теоретической возможности применения структуры фасеточного глаза при создании инженерных изделий, в том числе спортивного назначения. Характеристикой таких объектов будет рациональное сочетание аэродинамических и прочностных свойств.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. И. Боровков, В. М. Марусева, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина Бионический дизайн / А. И. Боровков [и др.]. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. — 92 с.
2. Krishnakumar, V. Biomimetic architecture: School of Planning and Architecture seminar 2011–2012. — URL: <http://www.slideshare.net/vaisalik/biomimetic-architecture> (дата обращения: 10.12.2025).
3. Гридюшко, А. Д., Чентемирова Е. Г. Биомиметические принципы формообразования вертикальных ферм как новой типологии в агропромышленной архитектуре // Архитектура и современные информационные технологии. — 2013. — № 4 (25). — URL: www.marhi.ru/AMIT/2013/4kvart13/gridushko/gridushko.pdf (дата обращения: 10.12.2025).
4. Боровков, А. И. Окно возможностей открыто. Ритм машиностроения. 2020;1:22–25. http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2020/03_march/13/rhythm_of_machinery_1_2020.pdf. (дата обращения: 10.12.2025).
5. В рамках проекта Bionic Aircraft от Airbus разрабатывается комплексная система для проектирования бионических конструкций под аддитивное производство. <https://fea.ru/news/6545>. (дата обращения: 10.12.2025).
6. Захваткин, Ю. А. Биология насекомых. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2025 (переиздание). — 392 с.
7. Акимускин, И. И. Мир животных: Насекомые. Пауки. Домашние животные. — М.: Мысль, 1990. — 462 с.
8. Петров, П. Н. Насекомые. — М.: Проспект, 2025. — (Серия «Расту с книгой»).
9. Аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России. Том I. Сидячебрюхие (Symphyta) и жалоносные (Apsocrita: Aculeata) / Под общ. ред. С. А. Белокобыльского, А. С. Лелея. — Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2017. — 475 с. — (Труды Зоологического института РАН. Приложение № 6). — ISBN 978-5-98092-062-3
10. Farisenkov, S. E., Kolomenskiy, D., Petrov, P. N., Engels, T., Lapina, N. A., Lehmann, F.-O., Onishi, R., Liu, H., & Polilov, A. A. (2022). Novel flight style and light wings boost flight performance of tiny beetles. *Nature*, 602(7895), 96–100. DOI: 10.1038/s41586-021-04303-7
11. М. С. Гиляров, Р. К. Пастернак. Тип Членистоногие (Arthropoda). Общий очерк // Жизнь животных. В 7 т. / гл. ред. В. Е. Соколов. — 2-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1988. — Т. 2: Моллюски. Иглокожие. Погонофоры. Щетинкочелюстные. Полухордовые. Хордовые. Членистоногие. Ракообразные / под ред. Р. К. Пастернак. — с. 289–290. — 447 с.: ил. — ISBN 5-09-000445-5.
12. Г. А. Мазохин-Поршняков. Зрение насекомых: учебное пособие / Г. А. Мазохин-Поршняков. — Москва: Большая советская энциклопедия, 1965.
13. В. Соломатин. Фасеточное зрение: перспективы в оптико-электронных системах // Фототоника. — 2009. — № 1. — с. 22–26.
14. Farisenkov, S. E., & Polilov, A. A. (2025). Aerodynamic interaction between the head and thorax in honeybee flight stability. *Journal of Experimental Biology*, 228(2). [Исследование аэродинамического взаимодействия головы и груди для стабилизации полета].
15. Choi, J.-I., Jeon, W.-P., Choi, H. Mechanism of drag reduction by dimples on a sphere // *Physics of Fluids*. — 2006. — Vol. 18, No. 4.
16. Smithsonian Magazine. Over 600 Years, the Golf Ball Has Evolved From a Primitive Wood Sphere to a Smart Ball with Sensors. — June 19, 2025.
17. Kim H.-K., Cha Y.-G., Kwon J.-M., Bae S.-I., Kim K., Jang K.-W., Jo Y.-J., Kim M. H., Jeong K.-H. Biologically inspired microlens array camera for high-speed and high-sensitivity imaging // *Science Advances*. 2025. Vol. 11, № 1. DOI: 10.1126/sciadv.ads3389

ЭКОЛОГИЯ



Видовое разнообразие и оценка степени покрытия древесного ствола эпифитными лишайниками в районе ул. Енисейской г. Железногорска Красноярского края

Губанова Виктория Алексеевна, учащаяся 7-го класса

Научный руководитель: Сомова Ольга Геннадьевна, педагог дополнительного образования
МБУ ДО «Детский эколого-биологический центр» (г. Железногорск, Красноярский край)

Изучение видового разнообразия лишайников необходимо в связи с их важной ролью в экосистемах [1]. Лишайники — компонент пищевой цепи. Кроме того, лишайники участвуют в почвообразовании и частично — в разложении горных пород. Лишайники преобразуют азот воздуха в нитраты, которые способствуют их росту и развитию. Их способность фиксировать атмосферный азот полезна и для других растений: дождь вымывает азот из живых и мёртвых лишайников и делает его доступным для растений в непосредственной близости. Потеря лишайников может иметь глубокие последствия для их экосистем.

Лишайники задерживают твердые частицы в воздухе, такие как пыль, а также поглощают более мелкие загрязняющие вещества, такие как сера, ртуть и азот [5].

Причиной сокращения лишайников является уничтожение старовозрастных лесов, загрязнение природной среды, сбор в лекарственных целях. 59 видов ли-

шайников занесены в Красную книгу Красноярского края [3].

Необходимо многолетнее наблюдение за эпифитными лишайниками с целью отслеживания сохранения их разнообразия [2,8].

Цель. Определение видового разнообразия лишайников и степени покрытия древесного ствола в районах исследования на ул. Енисейская г. Железногорска.

Задачи:

1. Определить видовой состав лишайников в исследуемых районах.
2. Определить степень лишайникового покрытия коры деревьев в 2025 г.
3. Сравнить изменение степени покрытия в 2023 и 2025 гг.

Осмотр лишайников производился в октябре-ноябре 2023 г. и январе 2025 г. на ул. Енисейская на двух участках (рис. 1).

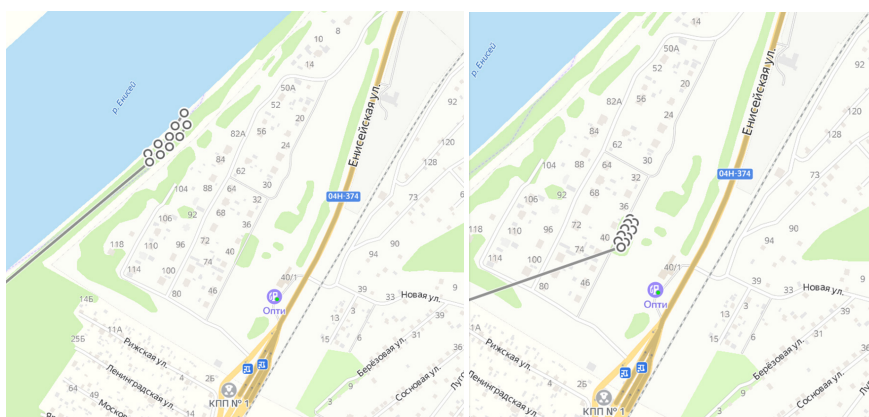


Рис. 1. Схема района исследования лишайников участки № 1 и № 2

Участок № 1. Участок расположен на берегу реки Енисей [7]. Преимущественно на участке растут сосны и березы, в 10–30 метрах от воды. Высокая влажность, освещенность и возраст деревьев влияют на состав

коры [4]. Кора, в основном, глубоко бороздчатая (у лиственных деревьев), пластинчатая (сосна обыкновенная). Встречено 6 деревьев с лишайниковым покрытием (рис. 3).

Фото лишайников

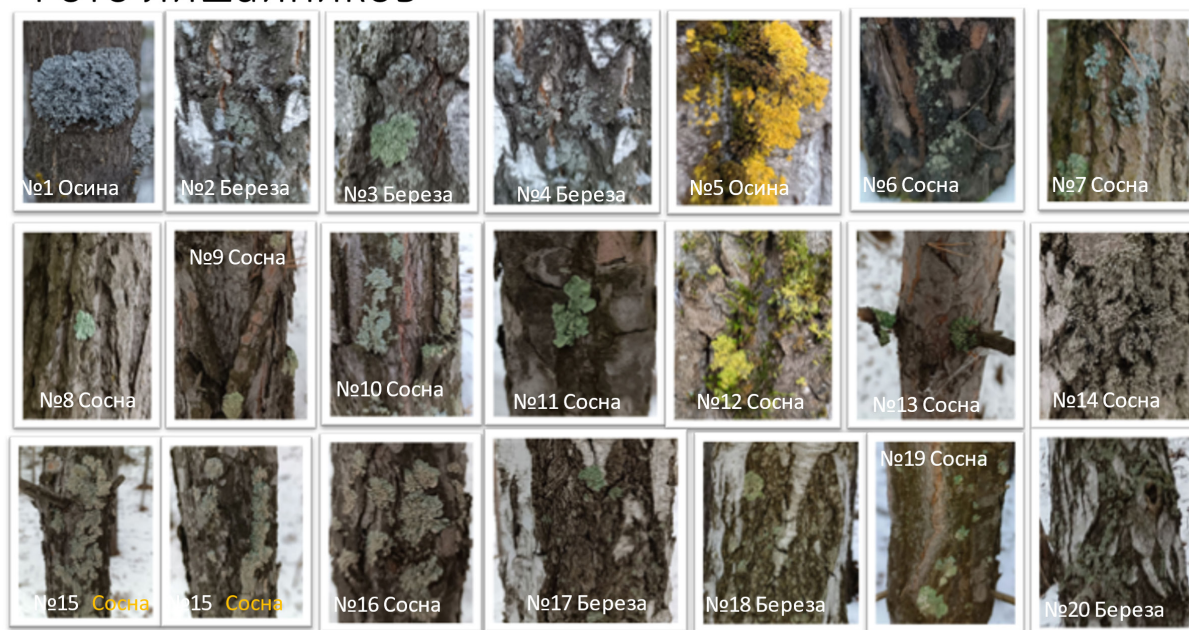


Рис. 2. встречающиеся лишайники на исследуемых деревьях: 1–10 — участок № 1, 11–20 — участок № 2

Участок № 2. Участок находится на улице Енисейская в 150 метрах от автомобильной дороги, рядом с автозаправочной станцией [7]. На участке растут сосны и бе-

резы. Освещённость высокая, а влажность ниже, чем на участке № 1. Встречено 5 деревьев с лишайниковым покрытием [6].

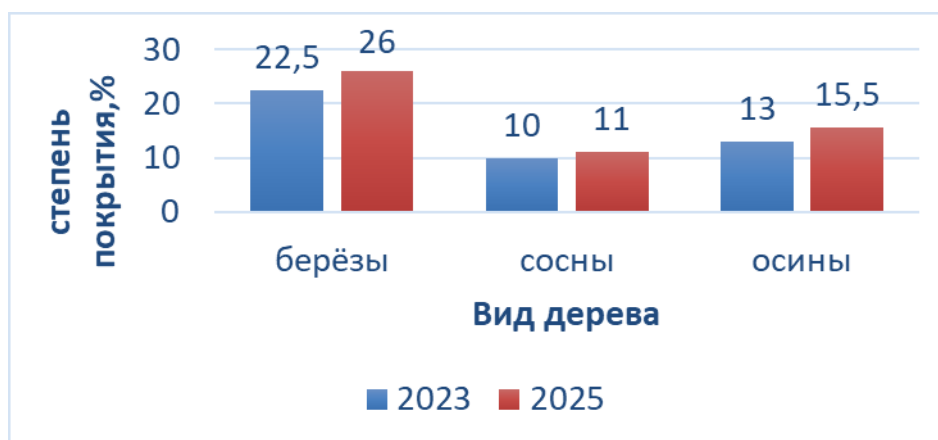


Рис. 3. Сравнение среднего значения процента покрытия коры деревьев лишайниками в 2023 и 2025 гг. на участке № 1 (%)

На участке № 1 наибольшую степень покрытия лишайниками имеют берёзы, т. к. у них более прочная кора (рис. 3). Процент покрытия изменился в 2025 г. на 2–5 % по сравнению с 2023 г. Встречены листоватые лишайники рода Пармелия [6].

На участке № 2 представлены в основном сосны, с наибольшей степенью покрытия, по сравнению с берёзами (рис. 4). Вероятно, связано с лучшей освещённостью участка № 2, по сравнению с № 1. На всех деревьях лишайники с листоватым типом слоевища рода Пармелия, на одном — Ксантория [6]. Процент покрытия изменился на 1–4 % по сравнению с 2023 г.

Выводы

1. Был изучен видовой состав эпифитных лишайников в г. Железногорске в районе улицы Енисейская. На всех видах деревьев в связи со структурой коры, были выявлены листоватые лишайники. На берёзах — рода Пармелия, на соснах — родов Пармелия, Гипогимния, Ксантория, на осинах — фисция звездчатая и ксантория обманчивая. Проведенные исследования показали, что общими для сосны и берёзы являются 3 вида лишайников рода *Parmelia*. Кроме того, на сосне встречается *Hypogymnia physodes* (Гипогимния вздутая) и *Xanthoria*, на осине — *Xanthoria* и *Physcia*.

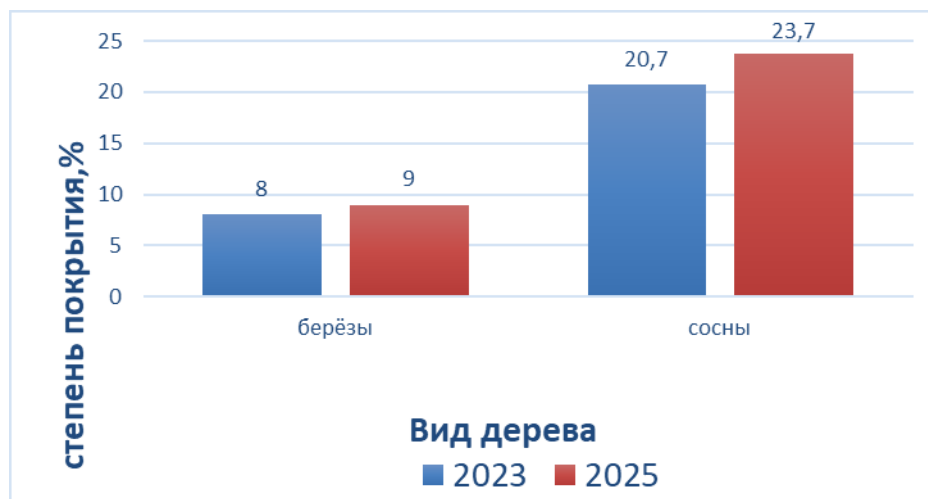


Рис. 4. Сравнение среднего значения процента покрытия коры деревьев лишайниками в 2023 и 2025 гг. на участке № 2 (%)

2. Степень покрытия слоевищем эпифитных лишайников на стволах деревьев незначителен (4–50 %) и сосредоточен в основании стволов деревьев на высоте 150 см. В 2025 г.: на участке № 1 — до 35 % на берёзах, до 16 % на соснах, до 24 % на осинах; на участке № 2 — до 11 % на берёзах, до 54 % на соснах.
3. На 1-ом исследуемом участке наибольшую степень покрытия лишайниками имеют берёзы, т. к.

у них более прочная кора. Процент покрытия изменился в 2025 г. на 2–5 % по сравнению с 2023 г. На 2-ом исследуемом участке представлены в основном сосны, с наибольшей степенью покрытия, по сравнению с берёзами. Вероятно, связано с лучшей освещённостью участка № 2, по сравнению с № 1. Степень покрытия изменилась на 1–4 % по сравнению с 2023 г.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лишайники и их роль, как индикаторов загрязнения. Электронный ресурс. URL: HintFox <http://www.hintfox.com/article/lishajniki-i-ih-rol-kak-indikatorov-zagraznenija.html>
2. Алексеев, С. И. Практикум по экологии. М.: АО МДС, 1996. 192 с.
3. Лишайники. Электронный ресурс. URL: https://herba.msu.ru/shipunov/belomor/2003/flora/lich_opr.pdf
4. Иржигитова, Д. М., Мошкова М. А., Петрова Е. А., Корчиков Е. С. Кора деревьев и кустарников как субстрат для эпифитных лишайников (на примере Самарской области) // Вестник СамГУ — Естественнонаучная серия. 2013. № 9/1(110). — с. 151–157. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mathnet.ru/links/a4bf69a9e-4e8c20d5a061a1388e78ab8/vsgu410.pdf>
5. Лишайники средней полосы России // Экосистема. Электронный ресурс. URL: <https://ecosystema.ru/08nature/lich/098.htm>
6. Цуриков, А. Г., Храмченкова О. М. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель. Электронный ресурс. URL: https://pubdoc.ru/doc/244242/atlas-opredelitel._-lishajnikov#
7. Енисейская улица в городе Железногорск — Яндекс Карты ([yandex.ru](https://yandex.ru/maps/))
8. Летние школьные практики по ботанике. Методическое пособие / Под ред. Жмылева П. Ю. М.: МЦНМО, 1998. 200 с.

Школьная экспедиция в Антарктиду на тему «Экологические и этологические особенности антарктических пингвинов в условиях изменения климата»

Милькова Дарья Валентиновна, учащаяся 8-го класса

Научный руководитель: Гуськова Светлана Анатольевна, учитель биологии и экологии
МБОУ «Гатчинская СОШ № 12 «Центр образования» (Ленинградская область)

В статье автор исследует проблемы экологии в Антарктиде и проводит анализ возможного комплексного изучения антарктических пингвинов как ключевых индикаторов состояния южнополярной экосистемы. В ходе возможной школьной экспедиции может быть проведён анализ их популяционной динамики, особенностей поведения и адаптационных механизмов в условиях ускоряющихся климатических изменений.

Ключевые слова: экосистема, антарктические пингвины, популяционная динамика, этология, адаптация, изменение климата, биосенсоры, школьная экспедиция.

Введение в исследование антарктических пингвинов в условиях меняющегося климата является первым и основополагающим шагом нашей школьной экспедиции в Антарктиду. Для молодых исследователей важно понять актуальность изучения этих птиц именно сейчас. Антарктида, несмотря на кажущуюся удаленность и неизменность, крайне чувствительна к глобальным климатическим изменениям. Таяние ледников, изменение температуры воды и сокращение кормовой базы напрямую влияют на жизнь пингвинов, делая их индикаторами здоровья планеты [1, 2, 3].

торами здоровья планеты [1, 2, 3].

Перед отправкой в экспедицию необходимо осознать фундамент знаний, на котором строятся наши исследования. Этот фундамент – обширный массив информации, собранный учеными мира о жизни антарктических пингвинов [4].

Путь начинается с тщательного обзора литературы — систематизации и анализа существующих научных публикаций по экологии, этологии и популяционной динамике этих птиц. (рис. 1).

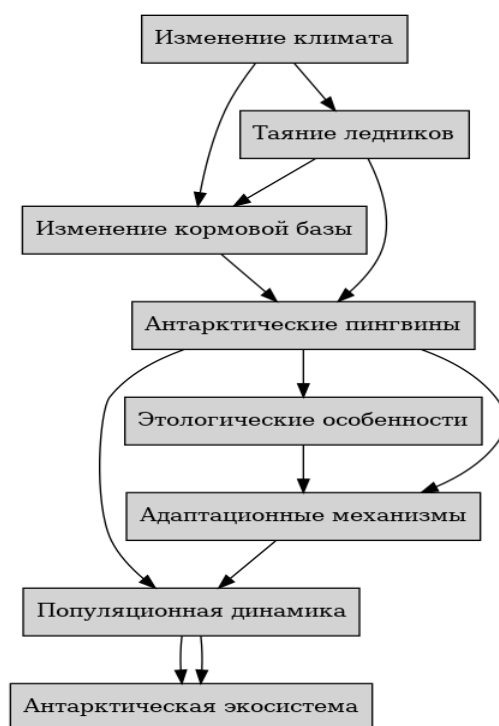


Рис. 1. Взаимосвязи факторов, влияющих на антарктических пингвинов в условиях изменения климата

Ключевые публикации и направления исследований антарктических пингвинов [5–7], релевантные для экспедиции, приведены в таблице 1.

В рамках школьной экспедиции в Антарктиду будут изучены экологические и этологические особенности пингвинов для понимания влияния климатических из-

менений на их популяции и экосистему. На различных площадках обитания пингвинов Адели, императорских и антарктических пингвинов будет проводиться учет численности птиц с использованием визуального подсчета, фотографирования и данных с беспилотных лета-

тельных аппаратов (БПЛА) для создания карт колоний и отслеживания их динамики. Также будет собираться данные о гнездовании, включая количество яиц, процент вывода и выживаемость птенцов.

Таблица 1. Ключевые публикации и направления исследований антарктических пингвинов, релевантные для экспедиции

Автор(ы), год	Тема исследования	Методы	Ключевые выводы	Связь с экспедицией
Trathan et al., 2011	Влияние изменения климата на численность и распределение пингвинов Адели	Анализ долгосрочных данных о популяциях, моделирование	Сокращение численности в районах с быстрым таянием льда, изменение ареала	Позволяет сравнить текущую ситуацию с данными 2011 года и оценить скорость изменений.
Ainley et al., 2009	Этология пингвинов Антарктики: поведение при кормлении, гнездовании и передвижениях	Полевые наблюдения, GPS-трекинг	Вариации поведения в зависимости от видовой принадлежности и условий среды	Поможет в интерпретации поведения пингвинов, наблюдаемого в ходе экспедиции.
Jenouvrier et al., 2014	Моделирование популяционной динамики императорских пингвинов в условиях изменения климата	Статистическое моделирование, прогнозы на основе климатических сценариев	Высокий риск сокращения популяции императорских пингвинов в будущем	Обоснование важности мониторинга численности императорских пингвинов.
Schwartz et al., 2006	Влияние изменений в кормовой базе (криль) на успех размножения пингвинов	Анализ рациона пингвинов, оценка биомассы криля	Снижение численности криля приводит к снижению успеха размножения пингвинов	Необходимость оценки доступности криля в районе экспедиции.
Forster et al., 2018	Использование дистанционного зондирования для мониторинга пингвиных колоний	Анализ спутниковых снимков высокого разрешения	Эффективный метод оценки численности и мониторинга изменений в колониях	Понимание возможностей и ограничений методов дистанционного зондирования.

Наблюдения за кормовым поведением, социальными взаимодействиями и реакциями пингвинов на стресс помогут понять их адаптацию к изменяющимся условиям. Будут собраны образцы крови или перьев для генетического анализа, что позволит оценить генетическое разнообразие и выявить уязвимые группы.

Данные будут обработаны статистическими методами с использованием программного обеспечения для анализа изображений, генетических данных и моделирования изменения численности популяций пингвинов. Результаты оформятся в отчете, который внесет вклад в понимание антарктической экосистемы, с обязательным документированием всех этапов работы.

Проект по изучению экологии и поведения пингвинов сосредоточен на динамике их популяций в условиях климатических изменений. Цель – отслеживание изменений численности и ареала, а также факторов, влияющих на популяцию, таких как доступность кормовой базы и ледяной покров.

Использование спутниковых снимков поможет отслеживать эти изменения и прогнозировать численность популяций, сопоставляя результаты с другими исследованиями. Изучение популяционной динамики, этологии и генетического разнообразия поможет выявить наиболее уязвимые группы и оценить их адаптацию, что является ключевым элементом проекта.

Экспедиция будет фиксировать поведенческие реакции пингвинов во время размножения, кормления и миграции, включая выбор партнеров, успех размножения и адаптацию к изменениям среды. План включает ежедневные наблюдения, сбор образцов и опросы участников, что позволит оценить адаптацию пингвинов к климатическим изменениям и предложить меры для их сохранения (рис. 2).

Школьная экспедиция изучит влияние климатических изменений на кормовую базу антарктических пингвинов, оценив рацион, доступность криля и рыбы, и сравнив данные с прошлыми годами для выявления тенденций. Цель – понять, как сокращение кормовой базы сказывается на здоровье, весе, оперении и размножении пингвинов.

Вместе с другими группами будет исследоваться популяционная динамика и генетическое разнообразие пингвинов, чтобы оценить влияние изменений в кормовой базе на численность и уязвимость групп. Результаты помогут разработать стратегии охраны пингвинов и сохранения биоразнообразия Антарктиды.

Изучение кормовой базы включает оценку численности криля и рыбы, а также анализ экосистемных изменений. Генетическое разнообразие популяций пингвинов важно для понимания их выживаемости в меняющейся среде: экспедиция соберет образцы ДНК (перья, кровь) из разных колоний.

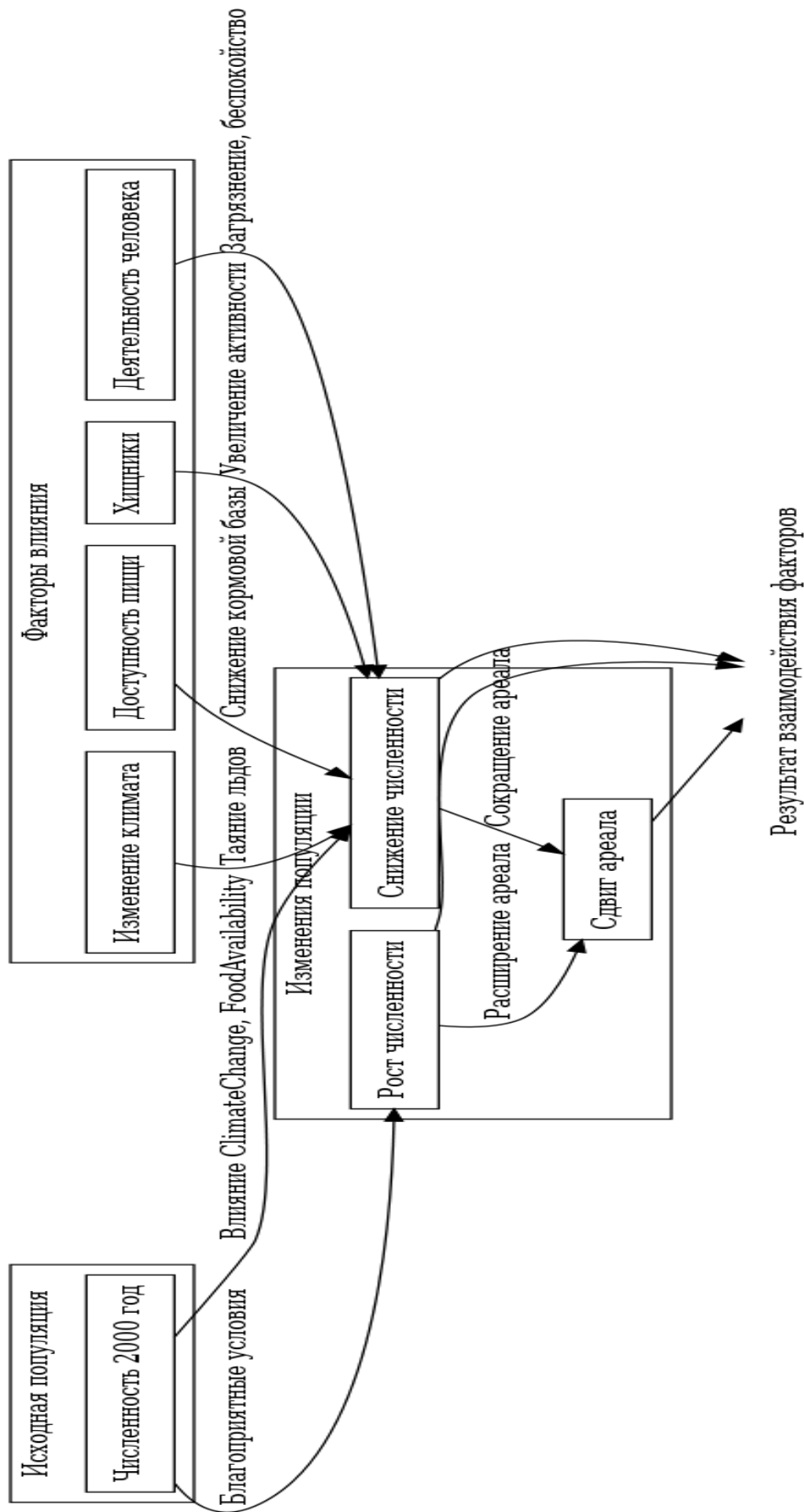


Рис. 2. Диаграмма популяционной динамики антарктических пингвинов демонстрирует изменения численности ключевых видов и факторы, влияющие на эти изменения

Анализ генетических маркеров позволит оценить родство особей, устойчивость к изменениям и изоляцию колоний. Будут изучены адаптационные признаки к холодам, поиску пищи и устойчивости к болезням. Результаты помогут выявить уязвимые группы и оценить их адаптацию к климату.

Данные о генетическом разнообразии сопоставят с мониторингом популяционной динамики и влиянием климата на кормовую базу. Изучение генетического раз-

нообразия позволит прогнозировать реакции пингвинов на изменения и разработать меры по их охране.

Следующим этапом станет моделирование и прогнозирование будущего пингвинов, что важно для формирования стратегий сохранения в условиях изменений климата.

Алгоритм изучения антарктических пингвинов в школьной экспедиции будет сфокусирован на экологических и этологических аспектах в условиях изменения климата (рис. 3).

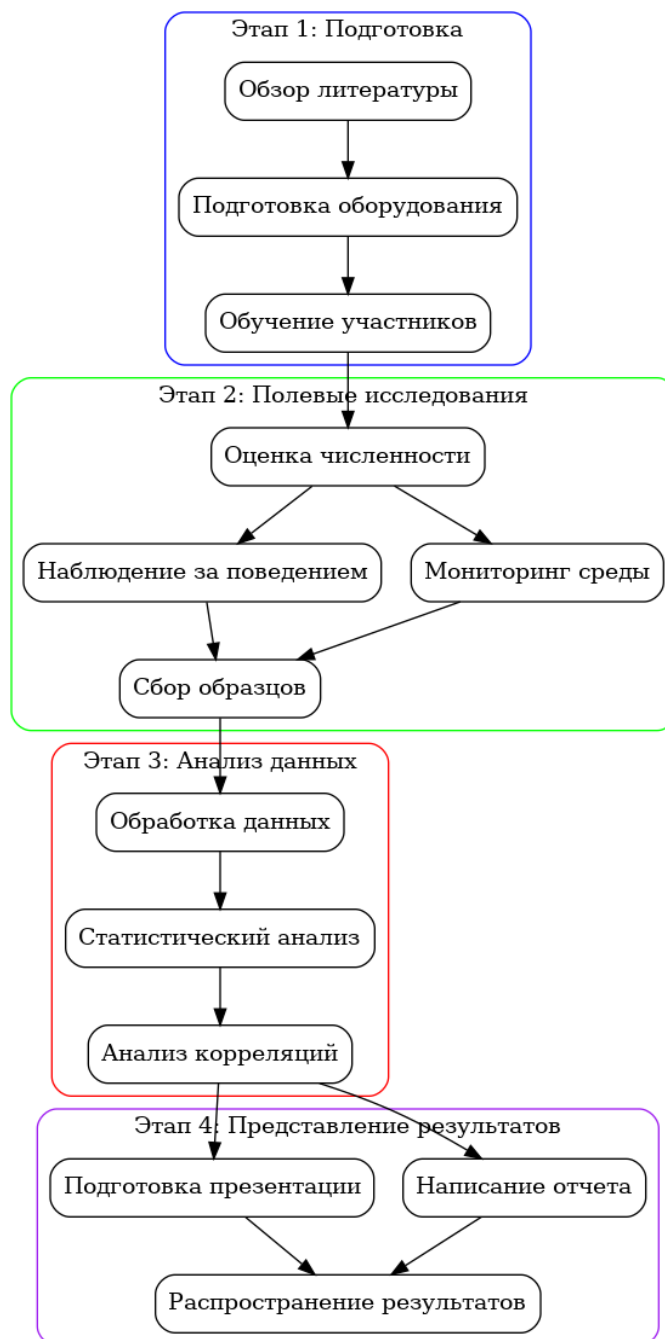


Рис. 3. Алгоритм изучения антарктических пингвинов в школьной экспедиции

Временной план полевых исследований антарктических пингвинов в рамках школьной экспедиции приведён в таблице 2.

Общий план полевых исследований антарктических пингвинов в рамках школьной экспедиции приведён в таблице 3.

Таблица 2. Временной план полевых исследований антарктических пингвинов в рамках школьной экспедиции

Этап	Длительность	Место проведения	Методы исследования	Ожидаемые результаты
1. Оценка численности колоний	3 дня	Несколько выбранных колоний пингвинов (например, Адели, императорских)	Визуальный подсчет птиц, фото- и видеофиксация, использование БПЛА для обследования труднодоступных участков.	Оценка текущей популяции, выявление тенденций изменения численности, картографирование колоний.
2. Наблюдение за этологией	3 дня	Зоны гнездования, кормовые участки.	Непрерывное наблюдение за поведением отдельных особей и групп, фиксация времени, активности, взаимодействия. Идентификация птиц по индивидуальным признакам (если возможно).	Выявление особенностей поведения в условиях изменяющегося климата (например, изменения в брачном поведении, кормлении птенцов).
3. Сбор образцов для анализа кормовой базы	2 дня	Кормовые участки вблизи колоний	Сбор образцов пищи, выводимой пингвинами для птенцов (рыба, криль). Определение видов, количества, размеров добычи.	Оценка доступности кормовой базы и ее влияния на состояние пингвинов. Выявление изменений в структуре кормовой базы.
4. Мониторинг состояния ледового покрова	2 дня	Прибрежные зоны, районы таяния ледников	Визуальное наблюдение, фото- и видеофиксация, использование данных дистанционного зондирования (спутниковых снимков).	Оценка влияния таяния льда на доступность мест гнездования и кормления пингвинов, определение темпов изменения ледового покрова.

Таблица 3. Общий план полевых исследований антарктических пингвинов в рамках школьной экспедиции

Этап	Задача	Методы	Ожидаемые результаты	Необходимое оборудование
1. Оценка численности и плотности популяций	Определение текущей численности и распределения пингвинов выбранных видов (например, Адели, императорских, папуанских) в заданном районе.	Визуальный подсчет с использованием фото- и видеофиксации, учет гнездящихся пар, оценка численности птенцов.	Получение данных о динамике популяций, сравнение с историческими данными (если доступны), выявление зон концентрации пингвинов.	Фото- и видеокамеры с телеобъективами, GPS-навигаторы, бинокли, счетные устройства, блокноты и ручки для записи.
2. Наблюдение за этологией пингвинов	Изучение типичного поведения пингвинов: кормление, брачное поведение, уход за птенцами, реакция на внешние раздражители.	Непрерывные наблюдения с фиксированным интервалом времени, протоколирование поведения, анализ видеозаписей.	Выявление изменений в поведении пингвинов, связанных с изменением климата (например, изменение сроков размножения, поиск альтернативных источников пищи).	Видеокамеры, блокноты и ручки, секундомеры, тетради для протоколирования, маскировочная одежда.
3. Анализ состояния кормовой базы	Оценка доступности и состава кормовой базы пингвинов (криль, рыба, кальмары).	Отбор проб воды для анализа состава планктона, визуальное наблюдение за питанием пингвинов, анализ содержимого желудков (если возможно и этично).	Определение влияния изменений в кормовой базе на состояние популяций пингвинов, выявление корреляции между доступностью пищи и репродуктивным успехом.	Сетки для отбора планктона, пробирки для хранения проб, микроскопы (портативные), оборудование для анализа воды, контейнеры для хранения образцов.
4. Оценка влияния таяния льдов	Изучение последствий таяния льдов для мест гнездования и кормовых районов пингвинов.	Картирование ледового покрова, фотофиксация изменений береговой линии, наблюдение за использованием пингвинами различных мест обитания.	Выявление зон, наиболее уязвимых к таянию льдов, оценка влияния потери ледовых площадок на репродуктивный успех.	GPS-навигаторы, камеры с широким углом обзора, БПЛА (опционально, с соответствующими разрешениями), карты и компасы.

Новаторство нашего исследования — в самом факте участия школьников в полевых работах. Мы пристально изучаем связь между метаморфозами окружающей среды и жизненным циклом пингвинов: как тающий лед перекраивает карту их гнездовий, как оскудение криля ставит под угрозу продолжение рода.

Наш план прост и ясен: сбор данных о численности, пристальное наблюдение за поведением (брачные игры, добыча пропитания), оценка доступности криля и генетический анализ собранных образцов. На протяжении всей работы нас ведут опытные ученые и экологи, помогая интерпретировать результаты и делать обоснованные выводы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Минеев, А. Экология: общие закономерности и прикладные исследования / А. Минеев. — Москва: Научный мир, 2023. — 543 с.
2. Сандлер Дж.Н. Биология: современный курс для вузов / Дж. Н. Сандлер,
3. Л. Б. Аллен. — Санкт-Петербург: Питер, 2022. — 890 с.
4. Беликов, О. В. Заповедная Антарктида: проблемы и перспективы охраны /
5. О. В. Беликов. — Новосибирск: Наука, 2020. — 234 с.
6. Вербицкий, В. Н. Изменения климата и их воздействие на животный мир / В. Н. Вербицкий. — Екатеринбург: Полиграфист, 2021. — 302 с.
7. Иванова, М. Экосистемы Земли: учебное пособие для вузов / М. Иванова, И. Петров. — Москва: Просвещение, 2021. — 420 с.
8. Дронова, Н. Б. Биогеография / Н. Б. Дронова. — Санкт-Петербург: Наука, 2019. — 348 с.
9. Назаров, А. Г. Антарктические животные: выживание в условиях экстремального климата / А. Г. Назаров. — Омск: Издательство ОмГУ, 2020. -237 с.

Юный ученый

Международный научный журнал

№1 (97) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-61102 от 19 марта 2015 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.
Номер подписан в печать 18.01.2026. Дата выхода в свет: 21.01.2026.
Формат 60 × 90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.
Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.
E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>
Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.