

ISSN 2409-546X

ЮНЫЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



8
Часть I
2024

Юный ученый

Международный научный журнал

№ 8 (82) / 2024

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

Абдрасилов 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 Максутович, 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

Сотникова В. М.

Современные возможности астробиохимии в исследовании космоса 1

БИОЛОГИЯ

Баева А. В., Пивоваров Ф. А., Васильева М. А.

Анализ хромосом и размера генома хозяйственно-ценных видов рода *Allium* L. 18

Болотина А. С., Титова Е. А., Игнатова З. П., Гальчина Т. А.

Выявление гена лежкости у сортовых и магазинных видов яблонь. 20

Горда М. С., Куцев М. М., Кучер П. А.

Генетическое родство алтайского марала с другими группами благородного оленя на основе последовательностей гена цитохромоксидазы I. 22

Иванова Д. Н.

Анатомия и морфология кроликов и зайцев в сравнительном аспекте на примере домашнего кролика из рода *Oryctolagus* и зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) Мегежекской местности Нюрбинского района Республики Саха (Якутия) 24

Матвеева К. А., Шмер Д. А., Третьякевич В. А.

Определение сапробности питьевой воды и воды из водоёмов города Барнаула 26

Садыков А. И.

Сортовая жимолость на Урале как источник высоковитаминных продуктов питания 28

Сулова К. В., Дорофеева П. А., Матанцев А. В., Болтенкова А. К.

Биохимический анализ фруктов и овощей 32

Тихонов Д. Ю.

Перспективы использования косметического и природного муцина на коже человека 35

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Григорян М. Г.

Индивидуальный проект «Автополиватель комнатных растений на аппаратной платформе Arduino» 41

Пересторонина В. Р., Пересторонина А. Р.

Создание конструкции «Молярый» для разведения и содержания большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) . . 44

ЭКОЛОГИЯ

Чорный-Ерофеев Д. А.

«Авоськампания»: пластик распознай, мусор разделяй, хорошо поступи 48

ТЕХНОЛОГИЯ

Белохон А. М.

Топологическая оптимизация верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000 в Компас-3D. 54

Бурау А. В.

Топологическая оптимизация направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 в APM FEM. 59

Зуев К. Е., Зуева С. Е.

Проект «Преобразователь энергии» 63

Лыткина В. А.

Изготовление фонаря Джека. 65

Шадриков М. М.

Опыт применения GitHub в топологической оптимизации поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000. 68

ХИМИЯ



Современные возможности астробиохимии в исследовании космоса

Сотникова Вера Михайловна, учащаяся 11-го класса

Научный руководитель: Пашинский Александр Михайлович, преподаватель химии
ООЧУ «Московский лицей «Ступени»

Существует ли жизнь на других планетах? С незапамятных времён этот вопрос волновал человечество. Можно сказать, что в наши дни астробиохимия обрела «второе дыхание». Популярная в конце XIX и забытая вместе с фантастикой в первой половине XX века, сегодня эта наука имеет своих продолжателей, которым хотелось бы больше узнать о жизни во Вселенной, а также является важнейшим направлением в изучении космоса и поиска внеземной жизни [1,2].

Целью данной работы является обзор современных возможностей астробиохимии в изучении и освоении космоса.

1. Цель и задачи астробиохимии.

В наши дни астробиохимия является мультидисциплинарной наукой, опирающейся на достижения в области физики, химии, астрономии, биологии, экологии, планетологии, географии, геологии и космонавтики для исследования небесных тел и возможности существования внеземной жизни [1,2,3]. Цель астробиохимии — *найти пригодные для существования людей и жизни условия за пределами Земли*. В задачи этой новой науки входят исследование свойств, химического состава и потенциальной пригодности для жизни небесных тел, поиск предбиотических химических соединений и живых организмов в космическом пространстве и изучение зарождения жизни на Земле [4].

2. Методы астробиохимии для обнаружения экзопланет.

Прямое наблюдение и обнаружение экзопланет всегда было достаточно трудоёмким процессом в силу очень сильной тусклости небесного тела относительно родительской звезды. Также появляется сопутствующая проблема, связанная с яркостью светила, во много раз превышающей звёздную величину самой планеты, которая светится отраженным от родительской звезды светом. Таким образом, многие экзопланеты становятся сверхсложными для оптических наблюдений. Именно поэтому к ноябрю 2011 года только 5 % от всех обнаруженных экзопланет могли наблюдаться напрямую. Все оставшиеся

планеты были обнаружены косвенными способами, подразумевающими обнаружение влияния небесного тела на окружающие объекты (см. рис. 1).

Метод Доплера (метод радиальных или лучевых скоростей) — один из первых методов обнаружения экзопланет, основанный на спектрометрическом измерении радиальной скорости родительского светила. Звезда в системе будет двигаться по своей собственной маленькой орбите в ответ на притяжение вращающегося вокруг неё тела, что вызовет изменение скорости, с которой светило движется по направлению к Земле и от неё (такую скорость называют *радиальной* или *лучевой*). Лучевая скорость звезды вычисляется из смещения в спектральных линиях, вызванного эффектом Доплера [5] (см. рис. 2).

Скорость звезды вокруг общего центра масс намного меньше, чем у экзопланеты, так как радиус орбиты светила очень мал. Однако, скорость звезды от 1 м/с и выше может быть определена современными спектрометрами (например, HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher), установленным на телескопе ESO в обсерватории Ла-Силья или спектрометром HIRES на телескопе обсерватории Кека). «Внешне дисперсионная интерферометрия» считается простым и недорогим способом измерения лучевой скорости.

Метод Доплера применяется только к относительно близким звёздам, находящимся на расстоянии до 160 световых лет и не превышающих 11 единиц звёздной величины, так как для обеспечения достаточной точности измерений необходимо высокое отношение сигнала к шуму. Данный способ позволяет легко находить массивные тела вблизи своих звёзд. С планетами, производящими меньшие колебания звезды (как правило, это планеты с очень наклонёнными орбитами относительно линии взгляда с Земли), доплеровская спектроскопия работает малоэффективно.

Методом периодических пульсаций, основанном на выявлении изменений в регулярности импульсов звезды, наблюдаются планеты вокруг пульсаров (источников из-

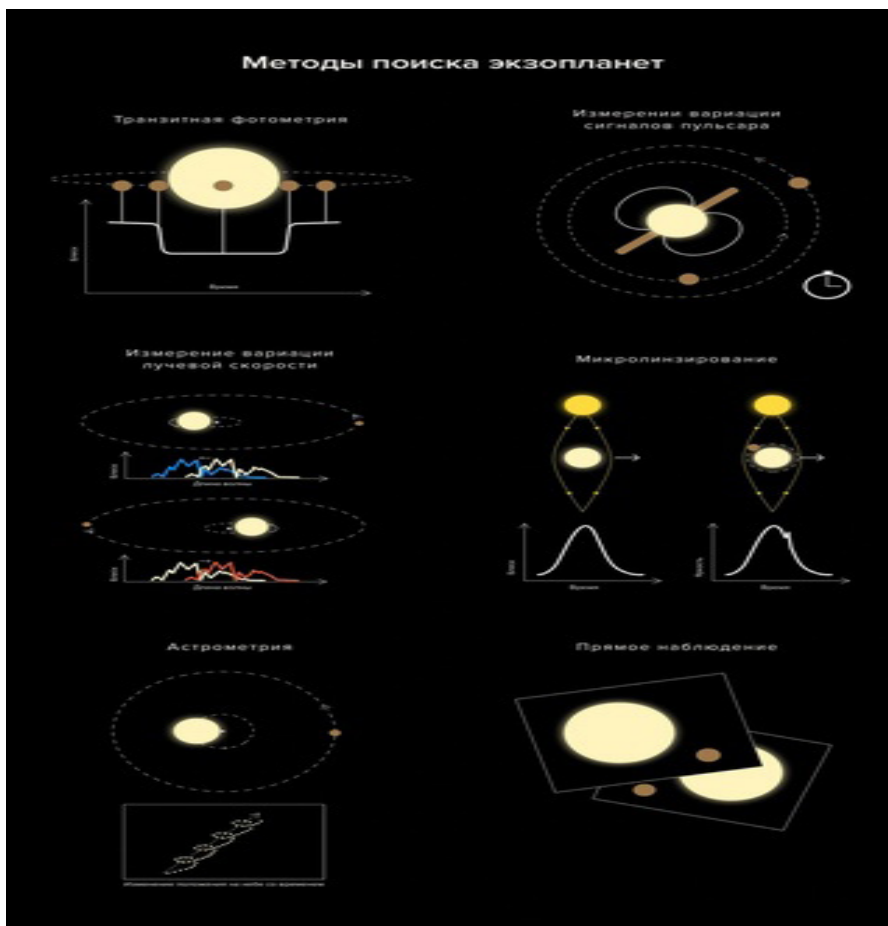


Рис. 1. Методы поиска экзопланет. Доступно по ссылке https://vk.com/wall-188895405_9669?lang=en

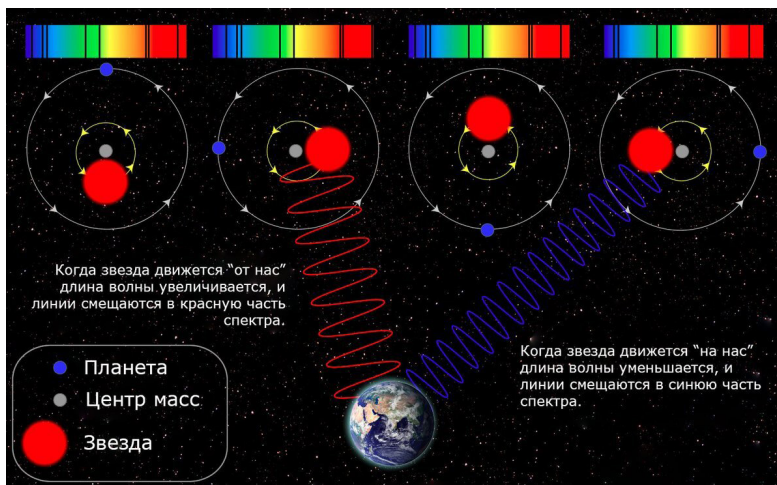


Рис. 2. Принцип метода Доплера. Доступно по ссылке <https://35982175.84167.ru/>

лучения разных видов, как правило, вращающихся нейтронных звёзд с магнитным полем, наклоненным к оси вращения). Этот метод изначально не предназначался для обнаружения планет, но его очень высокая точность определения движения пульсаров позволила задействовать в обнаружении планет.

Для радиопульсаров характерно очень точное и регулярное излучение импульсов, зависящих от скорости вращения звезды (см. Рис. 3). Собственное вращение

пульсара изменяется чрезвычайно медленно, поэтому его можно считать постоянной величиной, и небольшие anomalies в периодичности его радиопульсов могут использоваться для отслеживания собственного движения пульсара. Поскольку у пульсара в планетной системе будет наблюдаться небольшое движение по своей собственной орбите (аналогично обычной звезде), то расчёты, основанные на наблюдении периодичности импульсов, могут выявить параметры орбиты пульсара [5].

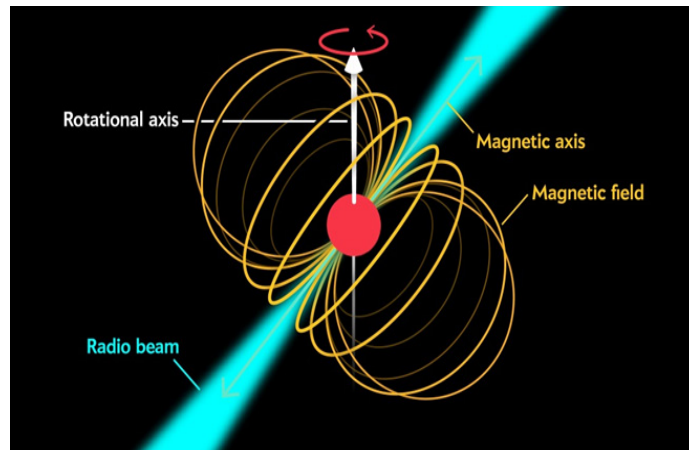


Рис. 3. Строение пульсара. Доступно по ссылке <https://controverses.minesparis.psl.eu>

Например, данный метод позволяет обнаруживать планеты гораздо меньшей массы, чем любой другой способ — вплоть до 1/10 массы Земли. Он также может обнаружить взаимные гравитационные возмущения между различными объектами планетной системы и тем самым получить дополнительную информацию об этих планетах и параметрах их орбиты. Основным недостатком метода является низкая распространённость пульсаров в Млечном Пути (на 2008 год известно около 1790 радиопульсаров), и поэтому данный способ не позволяет найти большое количество планет. Кроме того, жизнь, которую мы знаем, не смогла бы выжить на планете, вращающейся вокруг пульсара из-за очень интенсивного излучения.

В 1992 году Александр Вольщан и Дейл Фрейл использовали этот метод при обнаружении планеты около

пульсара PSR 1257+12. Их открытие было быстро подтверждено и стало первым подтверждением наличия планеты вне Солнечной системы.

Транзитный метод (метод транзитов) — способ поиска экзопланет, основанный на обнаружении падения яркости звезды во время прохождения планеты перед её диском [5]. Этот фотометрический метод позволяет определить радиус планеты, в то время как приведённые ранее методы позволяют получить информацию преимущественно о массе планеты. Если планета проходит перед диском звезды, то её наблюдаемая светимость немного падает, и эта величина зависит от относительных размеров звезды и планеты (см. Рис. 4). Например, при транзите планеты HD 209458, родительская звезда тускнеет на 1,7 %.

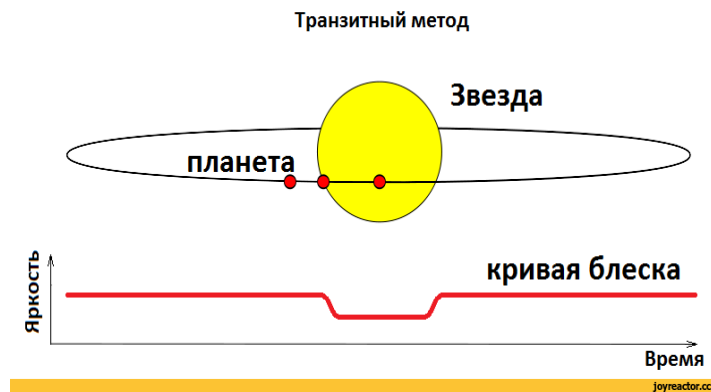


Рис. 4. Принцип транзитного метода. Планета проходит перед звездой, затемняя её. Доступно по ссылке Potrebbero esserci almeno 300 MILIONI di pianeti potenzialmente abitabili nella Via Lattea | Passione Astronomia

У данной методики есть много преимуществ. Главное достоинство транзитного метода заключается в возможности определения размера планеты исходя из кривой блеска звезды. Таким образом, в сочетании с методом радиальных скоростей, позволяющим определить массу планеты, появляется возможность получения информации о физической структуре планеты и её плотности. К примеру, наиболее исследованными экзопланетами из всех известных являются те планеты, которые были изучены обоими методами.

Также данная методика предоставляет дополнительную возможность исследования экзопланеты — изучение

атмосферы. Во время транзита свет от звезды проходит через верхние слои атмосферы планеты, поэтому изучая спектр этого света, можно обнаружить химические элементы, присутствующие в атмосфере планеты. Атмосфера также может быть обнаружена путём измерения поляризации света звезды при прохождении его через атмосферу или при отражении от атмосферы планеты.

Кроме того, вторичное затмение (когда планета блокируется своей звездой) позволяет проводить прямые измерения света планеты. Если фотометрическая интенсивность звезды во время вторичного затмения вы-

читается из её интенсивности до или после затмения, то остаётся только сигнал, относящийся к планете. Это даёт возможность измерения температуры планеты и даже обнаружения признаков наличия облаков на ней. В марте 2005 года две группы астрономов, используя космический телескоп Спитцер, проводили измерения по этой методике. Исследовательские группы из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики во главе с Дэвидом Шарбонно и Центра космических полётов Годдарда во главе с Демингом Л. Д. изучали планеты TrES-1 и HD 209458b, соответственно. Измерения показали, что температура планет составляет примерно 1060 К (790 °С) для TrES-1 и около 1130 К (860 °С) для HD 209458b. Однако, из-за возможного эксцентриситета, орбиты не всех транзитных планет расположены так, что у них происходит вторичные затмения. Планета HD 17156 b с вероятностью более 90 % является планетой такого типа.

Метод вариации времени транзитов (TTV) и метод вариации продолжительности транзитов (TDV) часто рассматривают как дополнение к транзитному методу. Наблюдая отклонения в периодичности наблюдаемых транзитов, можно обнаружить в системе дополнительные экзопланеты или их спутники [5]. При этом точность данной методики довольно высока и позволяет найти планеты размером с Землю. Впервые нетранзитная планета с использованием TTV-метода (англ. Transit timing variation method) наблюдалась в результате анализа данных с телескопа Кеплер: отклонение в периодичности транзитов планеты Кеплер-19 b составляло около 5 минут с периодом в 300 дней, что свидетельствовало о наличии второй планеты, Kepler-19 с периодом, почти рационально кратным к периоду транзитной планеты.

Изменения орбитальной фазы отражённого света характерно для газовых гигантов (аналогичное таковому у Луны), то есть они будут проходить через все фазы: от полного освещения до затмения наоборот. Современные телескопы могут наблюдать лишь совместный свет планет и звезд, так как они не способны различать

образом, периодические изменения в яркости родительской звезды могут помочь в обнаружении экзопланеты [5]. Данный эффект невелик, но его фотометрическая точность, необходимая для наблюдения, сопоставима с таковой у планет земного типа при транзите у звезды размером с Солнце. Так можно обнаружить планеты размером с Юпитер используя космические телескопы (к примеру, Кеплер). Таким способом можно найти множество планет, так как изменение орбитальной фазы отражённого света не зависит от наклона орбиты планеты, и, следовательно, не требуется прохождение планеты перед диском звезды. Кроме того, функция фазы планеты-гиганта позволяет определить её температурные и атмосферные характеристики.

Обоим телескопам (COROT и Кеплеру) удалось обнаружить и измерить свет, отражённый от планет, однако эти планеты уже были известны, так как проходят перед диском звезды. Первые планеты, обнаруженные данным методом — это кандидаты Кеплера: KOI 55.01 и 55.02.

Гравитационное микролинзирование можно наблюдать в том случае, если гравитационное поле более близкой звезды увеличивает свет от далёкой звезды, действуя при этом как линза. Когда звезда переднего плана имеет планету, собственное гравитационное поле планеты может внести заметный вклад в эффект линзирования (см. Рис. 5). Основным недостатком данного метода состоит в том, что эффект появляется только в том случае, если два светила точно выровнены вдоль прямой. Также проблемой является скоротечность события линзирования, которое длится всего несколько дней или недель, так как дальняя звезда, ближняя звезда и Земля непрерывно движутся относительно друг друга. Но даже несмотря на это, учёные зафиксировали более тысячи таких линзирования в течение последних десяти лет. Этот метод является наиболее эффективным для обнаружения экзопланет, находящихся между Землёй и центром галактики, так как в галактическом центре находится большое количество фоновых звёзд.

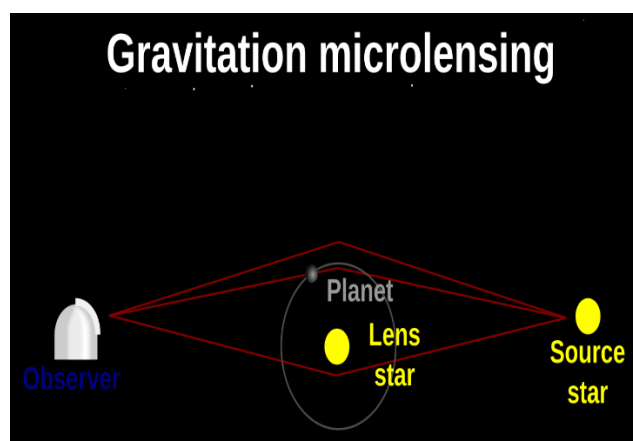


Рис. 5. Схема гравитационного микролинзирования.
Доступно по ссылке <https://en.wikipedia.org/wiki/OGLE-2005-BLG-390Lb>

Впервые данный метод был предложен в 1991 году астрономами Шуде Мао и Богданом Пачинским из Принстонского университета, успешность данной методики была подтверждена в 2002 году в ходе реализации проек-

та OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment — эксперимент оптического гравитационного линзирования). В течение месяца исследователи нашли несколько предполагаемых планет, хотя ограничения в наблюдениях

помешали их полному подтверждению. К середине 2011 года с помощью микролинзирования было обнаружено 13 подтверждённых экзопланет.

Обнаружение событий линзирования чаще всего осуществляется с помощью сети автоматических телескопов. В дополнение к проекту OGLE, работу по совершенствованию этого подхода ведёт группа «Наблюдения микролинзирования в астрофизике» (англ. Microlensing Observations in Astrophysics). Проект PLANET (англ. Probing Lensing Anomalies NETwork)/RoboNet ещё более амбициозен. Он осуществляет почти непрерывный круглосуточный обзор неба с использованием всемирной сети телескопов и позволяет обнаружить вклад в событие микролинзирования планеты с массой, подобной

Земле. Эта стратегия привела к обнаружению первой суперземли на широкой орбите (OGLE-2005-BLG-390L b).

Астрометрия как способ обнаружения экзопланет подразумевает точное измерение положения звезды на небе и определение изменения положения с течением времени. Звезда в планетной системе будет двигаться по маленькой круговой или эллиптической орбите из-за гравитационного воздействия вращающегося вокруг неё тела. Можно сказать, что светило и экзопланета будут вращаться вокруг их взаимного центра масс (барицентра), их движение можно будет описать решением задачи двух тел, а поскольку звёзды гораздо массивнее планет, то радиус их орбиты очень мал и очень часто взаимный центр масс находится внутри большего тела (см. рис. 6).

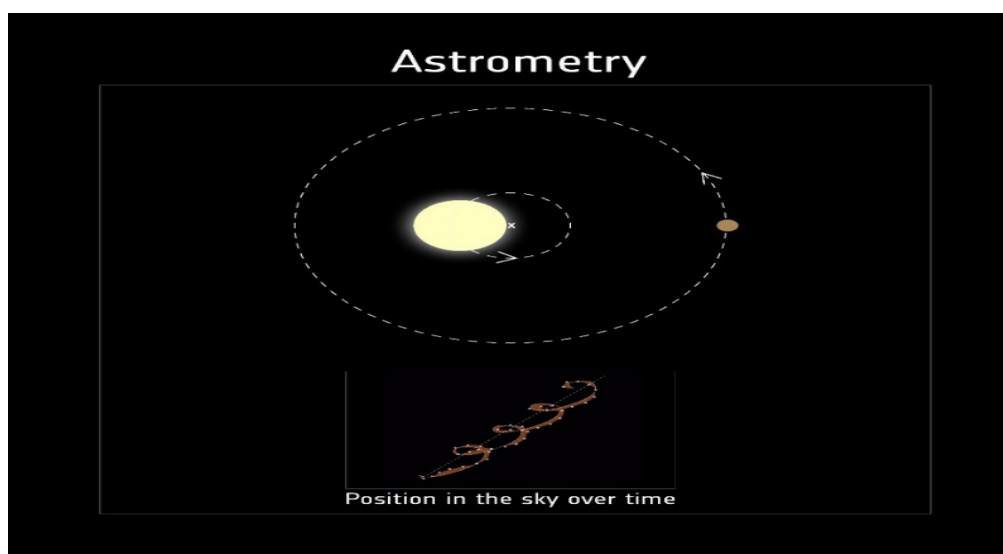


Рис. 6. Схема астрометрического метода. Доступно по ссылке <https://3dnews.ru/1085127/otkrit-eshchy-odin-sposob-ohoti-za-ekzoplanetami-i-srazu-v-tochku/>

Основная сложность при обнаружении планет астрометрическим методом состоит в малом изменении положения звёзд и значительном атмосферном и систематическом искажении, что не позволяет даже лучшим наземным телескопам выполнить достаточно точные измерения. Таким образом, скорее всего, все заявления о наличии планетарного компаньона, меньшего чем 1/10 массы Солнца, сделанные до 1996 года на основе данных, полученных данной методикой, являются ложными. Такой недостаток заставил астрометрический метод приобрести негативную репутацию среди других способов обнаружения экзопланет.

Среди потенциальных преимуществ астрометрического метода можно выделить его наибольшую чувствительность к обнаружению планет с большими орбитами, однако для этого требуется очень длительное время наблюдения — годы и, возможно, даже десятилетия, так как у планет, достаточно удалённых от своей звезды для обнаружения с помощью астрометрии, орбитальный период также занимает длительное время.

Поляриметрия основана на анализе поляризации комбинированного света от планеты и звезды. Звёздный свет является неполяризованным (т. е. колебания световой волны направлены случайно). Но когда он отражает-

ся от атмосферы планеты, световые волны поляризуются из-за взаимодействия с молекулами в воздухе. Этим способом можно произвести очень высокоточные измерения, так как нестабильность атмосферы Земли не оказывает существенного воздействия на поляриметрию. Используемые приборы (поляриметры) способны обнаруживать поляризованный свет и изолировать неполяризованное излучение. К текущему моменту с помощью этого метода планет не обнаружено.

Периодичность затмения двойных звездных систем. В случае расположения системы двойных звёзд (двух звёзд, находящихся очень близко друг к другу) так, что со стороны наблюдателя с Земли звёзды периодически проходят перед диском друг друга, то такую систему называют «затменно-двойных звёзд». Момент времени минимальной светимости (когда более яркая звезда хотя бы частично закрывается диском второй звезды) называется первичным затмением. После прохождения светилом половины орбиты происходит вторичное затмение (когда более яркая звезда закрывает какую-то часть своего компаньона). Эти моменты минимальной яркости (центрального затмения) представляют собой отрезок времени в системе аналогично импульсам пульсара. Если вокруг двойной системы звёзд

вращается планета, то звёзды под гравитационным воздействием планеты будут смещаться относительно общего центра масс и двигаться по собственной небольшой орбите. Из-за этого моменты минимумов затмений будут постоянно меняться: сначала запаздывать, потом происходить вовремя, затем раньше, потом вовремя, затем запаздывать, и так далее. Изучение периодичности этого смещения может являться самым надёжным ме-

тодом обнаружения экзопланет, вращающихся вокруг двойных систем.

Прямое наблюдение экзопланет в большинстве случаев не представляется возможным из-за избыточной яркости родительской звезды в сравнении с вращающимися вокруг неё телами. Но бывают и исключения. Массивные планеты вокруг тусклых звёзд могут наблюдаться прямым методом (см. рис. 7).

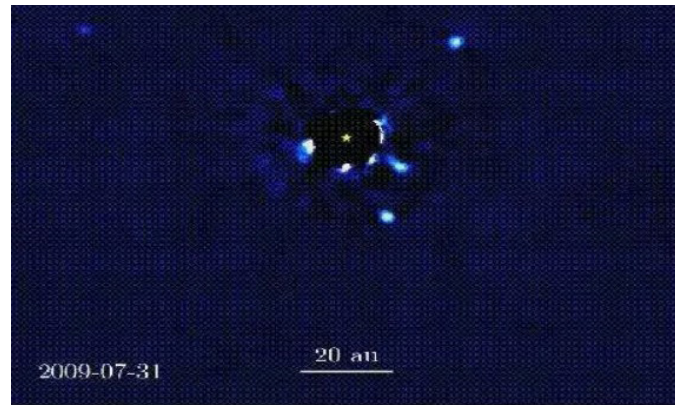


Рис. 7. Прямое наблюдение звезды HR 8799 с планетами на расстоянии 129 световых лет. Кадр из анимации авторства Jason Wang и Christian Marois [7]. Доступно по ссылке https://elementy.ru/kartinka_dnya/245/Dvizhenie_planet_vokrug_zvezdy_HR_8799?ysclid=m0h4per6ne26493140

Например, в 2004 году группа астрономов получила изображение объекта 2M1207 b (тогда предполагаемого планетного компаньона коричневого карлика 2M1207) с помощью телескопа VLT Европейской южной обсерватории в Чили [6]. В 2005 году предполагаемый статус был подтверждён. Астрономы предположили что обнаруженное тело в несколько раз массивнее Юпитера вращается по орбите с радиусом 40 а.е. Аналогичным методом в 2008 году на расстоянии 330 а.е от звезды 1RXS J160929.1–210524 было обнаружено тело, по размерам и массе сравнимое с планетой, а в 2010 году тело было подтверждено. В 2007 году с помощью телескопов в обсерваториях Кека и Джемми впервые была сфотографирована многопланетная система вокруг звезды HR 8799 [7]. Астрономы наблюдали три объекта с массами примерно в 10, 10 и 7 раз превышающими массу Юпитера. 13 ноября 2008 года

телескоп Хаббл наблюдал экзопланету с массой не более 3M_J у звезды Фомальгаут. Обе системы окружены дисками, мало отличающимися от пояса Койпера.

В 2010 году учёные из Лаборатории реактивного движения НАСА показали, как коронограф (телескоп, позволяющий наблюдать корону звезды вне затмений) предоставляет отличную возможность для непосредственного фотографирования планет. Они получили изображение ранее сфотографированной планеты HR 8799 с помощью только 1,5-метровой части телескопа Хейл.

3. Биомаркеры и астрохимические методы.

При поиске инопланетной жизни во внимание берутся много факторов: масса, размер, плотность и расстояние от родительской звезды. Существует даже концепция «зоны Златовласки» — оптимального для зарождения и развития жизни расстояния экзопланеты от звезды (см. Рис. 8).

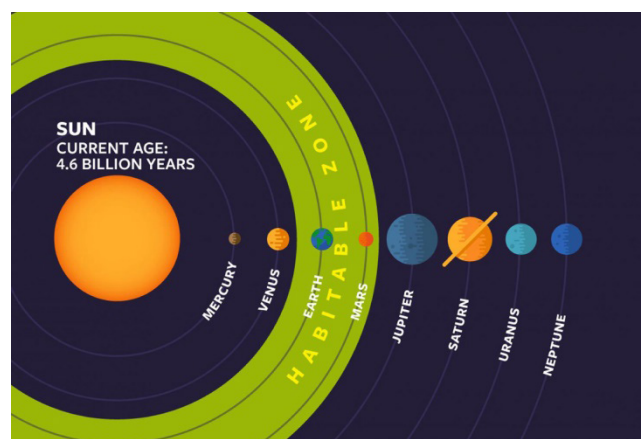


Рис. 8. Расположение «зоны Златовласки» в Солнечной системе. Доступно по ссылке <https://phys.org/news/2016-05-hidden-life-worlds-orbiting-red.html>

Также исследователи ищут биомаркеры — надёжный признак жизни как на Земле, так и в космосе. Давно известно, что живые организмы изменяют окружающую среду в ходе жизнедеятельности. В астробиохимии рассматриваются несколько видов биомаркеров:

- *Вода* — один из важнейших факторов зарождения жизни. Жидкая вода необходима для зарождения жизни в том виде, в каком мы её знаем.
- *Углекислый газ* — соединение, которое вырабатывается живыми организмами в ходе их жизнедеятельности (например, растениями и животными при дыхании).
- *Метан* — довольно нестабильное соединение. Солнечный свет быстро разрушает его, и поэтому, если количество метана не пополняется с течением времени, он будет медленно исчезать из атмосферы планеты. Если бы не биологические процессы, метана в атмосфере Земли практически не было бы. Хотя вулканы выделяют небольшое количество метана, этого недостаточно, чтобы восполнить содержание газа. Если на планете есть постоянное количество метана, которое быстро пополняется, то это может означать, что живые организмы на поверхности производят метан.
- *Кислород* — побочный продукт фотосинтеза растений и цианобактерий. Ранее кислород считался достаточно важным биомаркером, но было установлено, что он может появиться в атмосфере из-за ионизации молекулы диоксида серы, производимого вулканами.
- *Озон* — это газ образуется под действием ультрафиолетового излучения Солнца, которое расщепляет молекулы кислорода на отдельные атомы.

Эти атомы затем соединяются с молекулами кислорода (O_2), образуя озон (O_3). Также озон необходим для защиты планеты от ультрафиолетового излучения.

- *Газы*, содержащие метильную группу ($-CH_3$) — живые организмы (например, брокколи) могут присоединять CH_3 -группу к нежелательным химическим соединениям в процессе метилирования, вырабатывая бромистый метил (CH_3Br) и метилхлорид (CH_3Cl) [8] (см. Рис. 9).

Для вышеуказанных биомаркеров используются следующие астрохимические методы:

- *Просвечивающая спектроскопия*. Когда планета проходит перед своей звездой, мы можем наблюдать изменение светового потока звезды. Во-первых, он уменьшится, потому что часть звезды будет заслонена планетой во время ее прохождения. Также, наблюдая за тем, как свет звезды фильтруется через атмосферу планеты, мы заметим, что некоторые длины волн были поглощены. Это происходит потому, что некоторые молекулы и атомы в атмосфере поглощают определенные длины волн. Этот метод можно использовать для распознавания присутствия определенных атмосферных газов, связанных с жизнью, таких как кислород или метан, поскольку эти газы оставляют очень специфические следы на свету.
- *Отражательная спектроскопия*. В любое время на орбите, но особенно в период покрытия (планета проходит позади звезды), свет звезды может отразиться от атмосферы и вернуться на Землю.

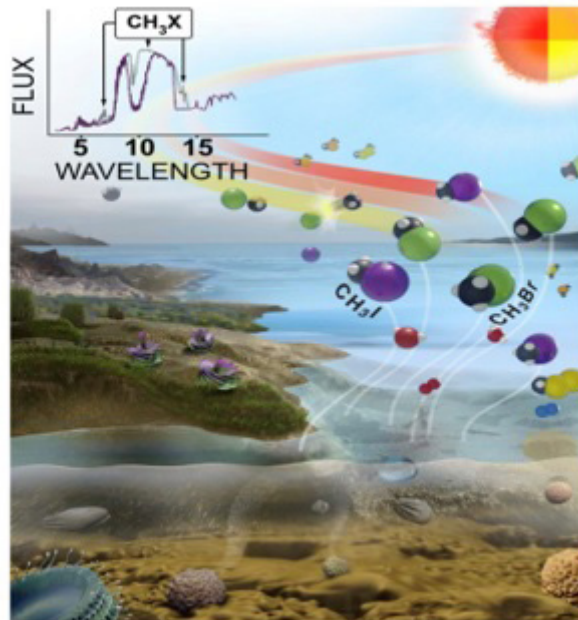


Рис. 9. Процесс выделения газов в атмосферу экзопланеты в процессе метилирования. Схема взята из статьи *Alternative Methylated Biosignatures. I. Methyl Bromide, a Capstone Biosignature* в журнале *The Astrophysical Journal* 2022 года 10 октября [8]. Доступно по ссылке <https://arxiv.org/pdf/2208.07393>

Эмиссионная спектроскопия. Когда планета и ее атмосфера достаточно горячи, они испускают доста-

точно излучения, чтобы их можно было обнаружить. Конечно, они видны только тогда, когда планета не

проходит перед звездой, а находится в состоянии «вне транзита».

4. Типы экзопланет.

На данный момент открыто много типов планет, не встречающихся в Солнечной системе (см. Рис. 10). Все

виды экзопланет принято делить на две обширные группы: газовые экзопланеты и планеты земного типа. Ниже приведена информация только о подтверждённых классах планет, гипотетические виды небесных тел рассматриваться не будут.

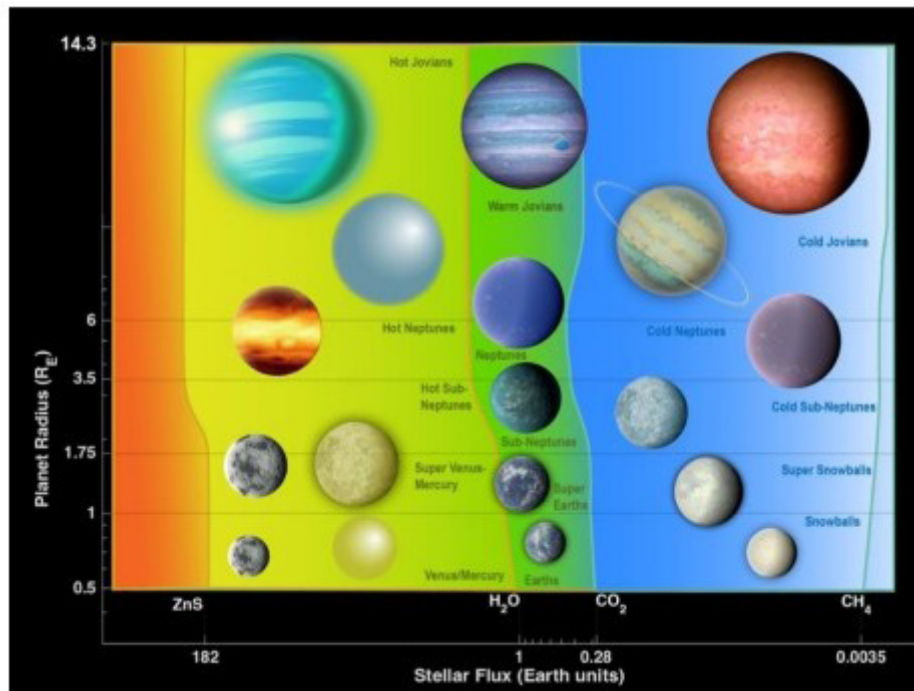


Рис. 10. Различные типы экзопланет. Шкала взята из статьи Characterizing Exoplanet Habitability авторства Ravi kumar Коррарату, Eric T. Wolf, Victoria S. Meadows [9]. Доступно по ссылке <https://arxiv.org/pdf/1911.04441>

Газовые экзопланеты

Данная группа включает в себя следующие типы небесных тел:

- *Горячий юпитер* — класс экзопланет с массой порядка массы Юпитера ($1,9 \cdot 10^{27}$ кг). В отличие от Юпитера, находящегося на расстоянии 5 а.е. от Солнца, типичный горячий юпитер находится на расстоянии порядка 0,05 а.е. от своей звезды, то есть на один порядок ближе, чем Меркурий от Солнца и на два порядка ближе, чем Юпитер (см. Рис. 11). Данный тип экзопланет в своё время занимал существенную долю списка открытых небесных тел-спутников звёзд, так как его проще всего обнаружить, поскольку он вносит замет-

ные короткопериодические возмущения в движение звезды, которые могут быть обнаружены по смещению линий спектра. Кроме того, довольно велика вероятность прохождения планеты перед диском звезды, что позволяет оценить размер планеты по уменьшению светимости звезды. Для этого вида экзопланет характерны близкое расположение к родительской звезде, очень горячая поверхность (1000–3000 К) и эксцентриситет (степень вытянутости) орбиты, обычно близкий к нулю (их орбита очень невытянута). Данный тип экзопланет не представляет интереса для астробиологов, так как жизнь не может зародиться при таких высоких температурах.

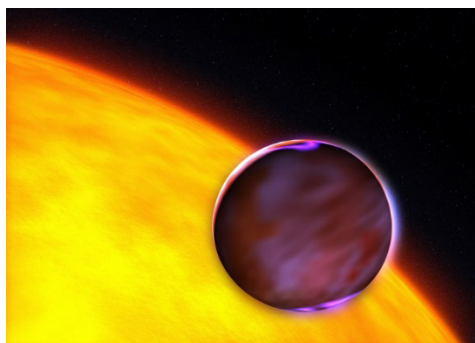


Рис. 11. Реконструкция горячего юпитера XO-1b. Доступно по ссылке <https://arxiv.org/pdf/1911.04441>

— *Рыхлая планета (горячий сатурн)* — класс газовых гигантов, с очень низкой плотностью и, как правило, очень коротким периодом обращения. Если масса планеты меньше 2 масс Юпитера и разогрев достаточно велик, то планета не в состоянии силой своей гравитации удерживать не толь-

ко атмосферу, но и нижележащие слои себя самой от расширения. Таким образом диаметр планеты значительно увеличивается, и её окутывает большое облако газа и пыли. Иногда такие планеты рассматривают как подкласс горячих юпитеров (см. Рис. 12).

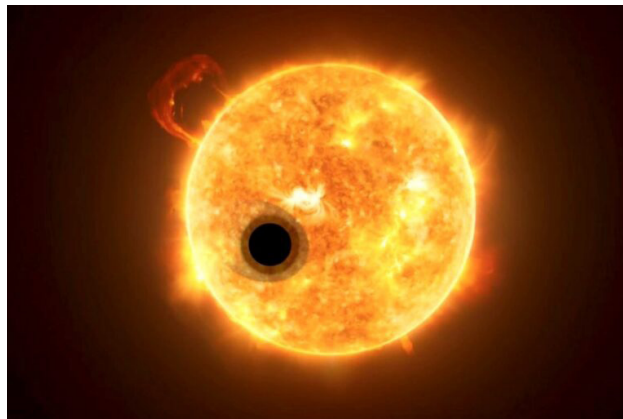


Рис. 12. Реконструкция рыхлой планеты. Доступно по ссылке <https://ru.wikipedia.org/wiki/WASP-107>

— *Горячий нептун* — класс экзопланет, к которому относятся планеты с массой, сопоставимой с таковой у Урана или Нептуна, расположенные близко к своей звезде (всегда на расстоянии меньше 1 а.е.). Масса горячего нептона состоит из ядра и окружающей плотной атмосферы, которая занимает большую часть размера планеты. Недавние исследования показали, что популяция этого класса экзопланет может быть весьма велика. Существование жизни невозможно из-за слишком высоких температур.

— *Водный гигант* — класс газовых гигантов, обращающийся по эффективной земной орбите или несколько дальше (с радиусом 1–2 а.е.). Состоит в основном из водорода, также в составе имеются гелий и метан. Атмосфера также может содержать инертные газы, кислород, воду и органические вещества. В атмосфере вероятны облака из водяного льда. Возможен слой с давлением 1 атм и комфортной температурой. Температура верхнего облачного

слоя не превосходит 250 К. По своему строению водные гиганты, как и другие газовые гиганты, похожи на Юпитер и Сатурн — они в основном состоят из водорода и гелия. Однако гиганты, находящиеся в обитаемой зоне, в отличие от холодных планет-гигантов, скорее всего, окутаны облаками из водяного льда. При обилии воды в составе атмосферы таких планет облачность может быть сплошной, делая планету ярко-белой. При дефиците воды облака из водяного льда будут формироваться только при подъёме воздушных масс из глубины. В местах опускания воздушных масс атмосфера будет слишком теплой и сухой для появления облаков, и рэлеевское рассеяние света (вид светового рассеяния, происходящий при столкновении волны света с малыми частицами атмосферы) в прозрачной атмосфере окрасит эти области в голубой цвет. В результате такая планета примет характерный полосатый вид подобно полосатому виду Юпитера, только цвет полос будет белым и голубым (см. Рис. 13).

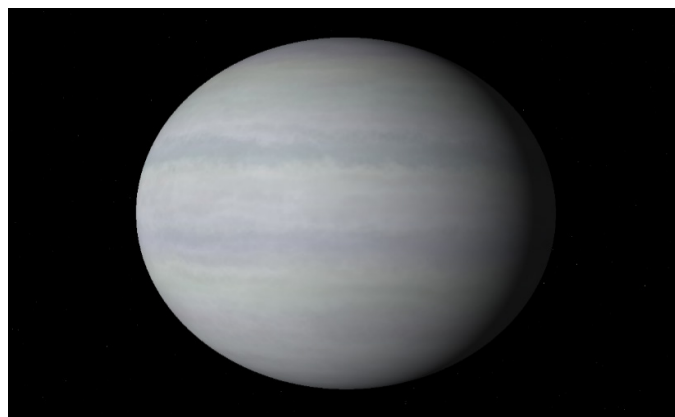


Рис. 13. Облачная атмосфера водного гиганта имеет серо-голубой оттенок. Доступно по ссылке https://en.wikipedia.org/wiki/File:Planet_HD_147513_b.png

- *Супер-юпитер* — это класс объектов на порядок массивнее Юпитера. Например, звёздные компаньоны, по массе находящиеся на границе между планетами и коричневыми карликами. На 2011 год науке известно около 180 объектов класса супер-юпитер с различной температурой. Объекты этого класса почти всегда примерно того же размера, что и Юпитер, при этом масса может колебаться от 10 до 80 масс Юпитера. Иногда супер-Юпитерами называют объекты и меньшей массы, от 5 до 10 масс Юпитера.
- *Эксцентрический юпитер* — разновидность газовых гигантов, вращающихся вокруг звезды по сильно вытянутой орбите, имеющей большой эксцентриситет. Примерно такой же эксцентриситет имеют кометы.
- *Мини-нептун (или газовый карлик)* — класс планет, промежуточный между газовыми гигантами наподобие Урана и Нептуна, и землеподобными планетами. К газовым карликам относят планеты, масса которых меньше массы ледяных гигантов Солнечной системы. Газовые карлики имеют скалистые ядра, окружённые толстыми оболочками

из лёгких веществ — мантией из смеси воды и аммиака и водородно-гелиевой атмосферой.

- *Экзопланеты земного типа*
- Внутри этой группы также можно выделить следующие виды:
- *Суперземля* — класс экзопланет, масса которых превышает массу Земли, но меньше массы Нептуна. Этот термин не подразумевает каких-либо определённых характеристик, таких как температура поверхности, состав, параметры орбиты, обитаемость или наличие определённых экосистем [10]. Граница между суперземлями и газовыми гигантами нечёткая, и оценивается примерно в 10 масс Земли (хотя источники называют разные значения: от 1 или 1,9 до 5 масс Земли).

Термин «суперземля» также используется для обозначения планет, которые по своему размеру больше планет земного типа (до 1,2 радиуса Земли), но меньше, чем мининептуны (от 2 до 4 радиусов Земли). Это определение используется командой космического телескопа «Кеплер». Считается, что такие тела состоят в основном из камня и имеют относительно тонкую атмосферу (см. Рис. 14).

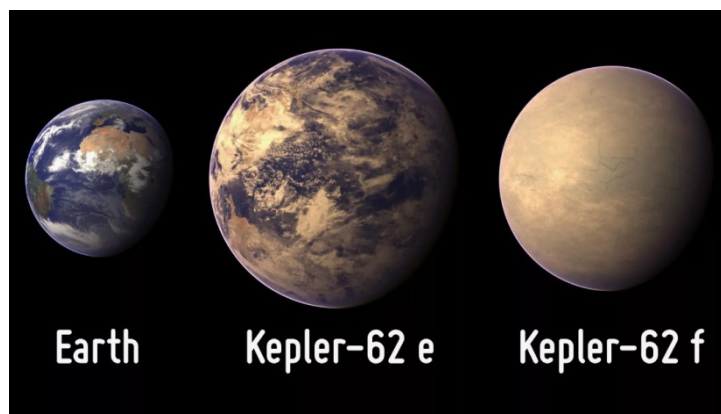


Рис. 14. Земля в сравнении с двумя суперземлями. Доступно по ссылке https://depts.washington.edu/astrobio/drupal/sites/default/files/newsletters/UWAB_Kepler62f_S2013_New.htm

Некоторые авторы предлагают считать суперземлями только землеподобные планеты без значительной атмосферы или планеты, у которых есть не только атмосфера, но и твёрдая поверхность или океан с чёткой границей между поверхностной жидкостью и атмосферой (чего нет у планет-гигантов в Солнечной Системе). Планеты этого типа были обнаружены сравнительно недавно у других звёзд. Суперземли имеют сравнительно небольшую массу, и их трудно обнаружить методом Доплеровской спектроскопии. Предполагается, что холодные суперземли, сохранившие свою первозданную атмосферу, в которой преобладает Н-Не, могут иметь поверхности, достаточно теплые для размещения жидкой воды в течение промежутков времени, достаточных для зарождения жизни. Это может быть связано с вызванным столкновением поглощением инфракрасного света водородом, которое увеличивается с повышением давления. Однако долгосрочный потенциал обитаемости таких планет еще не изучен.

- *Планета-океан* — разновидность планет, состоящих преимущественно из льда, скалистых пород и металлов (приблизительно в равных пропорциях по массе для упрощения модели). В зависимости от расстояния до родительской звезды экзопланеты могут быть целиком покрыты океаном жидкой воды глубиной до 100 км (точное значение зависит от радиуса планеты), на большей глубине давление становится столь велико, что вода не может более существовать в жидком состоянии и затвердевает, образуя экзотические модификации льда, как Лёд V, VI, VII, X и другие. Пока открыта только одна такая планета — GJ 1214 b (см. Рис. 15). Существование жизни на таких планетах стоит под вопросом: если она есть, то ей приходится «балансировать на грани». Группа европейских климатологов провела моделирование такой планеты, показав, что отсутствие суши может служить фактором, ограничивающим обитаемость планет-океанов [11]. Вода,

покрывающая всю поверхность планеты, взаимодействует с атмосферой и существенно влияет на глобальную циркуляцию углерода. Даже находясь на оптимальном расстоянии от звезды — в «зоне

обитаемости», — планета-океан будет либо быстро остывать, либо разогреваться до совсем не умеренных температур.



Рис. 15. GJ 1214 b в представлении художника. Доступно по ссылке https://ru.wikipedia.org/wiki/GJ_1214_b

Слишком большие объемы воды на планете служат фактором, дестабилизирующим климат: как выяснили ученые, температура на ней должна сохраняться в довольно узких пределах между 0 и 127°C, иначе океан заставит ее перегреться или замерзнуть. Тем не менее, авторы считают, что эти результаты применимы и для более крупных экзопланет.

Блуждающая планета

Блуждающая планета (другие возможные названия — планета-сирота или планемо) — межзвёздный

объект, имеющий массу, сопоставимую с планетарной, и шарообразную форму и являющийся по сути планетой (может быть как газовым, так и скалистым телом) но не привязанный гравитационно ни к какой звезде, коричневому карлику или другой планете (хотя может иметь спутники). Если такая планета находится в галактике, она обращается непосредственно вокруг галактического ядра (период обращения обычно очень велик). В противном случае речь идёт о межгалактическом объекте, который не обращается вокруг чего-либо (см. Рис. 16).

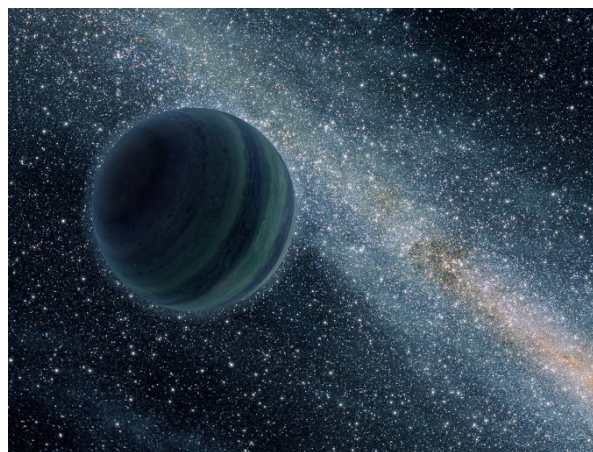


Рис. 16. Блуждающая газовая планета в представлении художника. Доступно по ссылке <https://astronizar.wordpress.com/2011/05/20/>

Существование известных нам форм жизни на подобных «планетах» маловероятно из-за отсутствия источника тепла в виде родительской звезды. Тем не менее, такая планета может удерживать лёгкие газы, так как по мере удаления тела от своей звезды непрерывно сокращается поступление от неё тепла, особенно ультрафиолетового излучения, что позволяет газам не улетать в космическое

пространство. Было вычислено, что для объекта с массой Земли сильное давление водорода (не менее тысячи атмосфер) могло создать практически идеальный адиабатический процесс. Энергии распада радиоактивных изотопов было бы достаточно даже для поддержания плюсовой температуры и существования жидкой воды. Поэтому не исключено наличие океанов из воды. Также

предполагается, что бродячие планеты могут поддерживать высокую геологическую активность в течение длительного времени, имея подводные вулканы и защищающее магнитное поле. Это может служить источником энергии для микроорганизмов [12]. Но существование каких-либо форм жизни на планете практически невозможно подтвердить даже в случае их наличия — атмосфера планеты будет полностью поглощать всё инфракрасное излучение, исходящее от живых организмов.

5. Методы определения астероидов и метеоритов.

Малые небесные тела, такие как метеориты и астероиды, представляют для астробиохимии не меньший интерес, чем далёкие звёздные системы: как правило, многие малые небесные тела являются осколками больших астрономических объектов (например, крупных астероидов или даже планет). Анализ их состава имеет большое значение для дальнейшей классификации и представления об их формировании.

На данный момент существует 2 основных метода определения состава малых небесных тел:

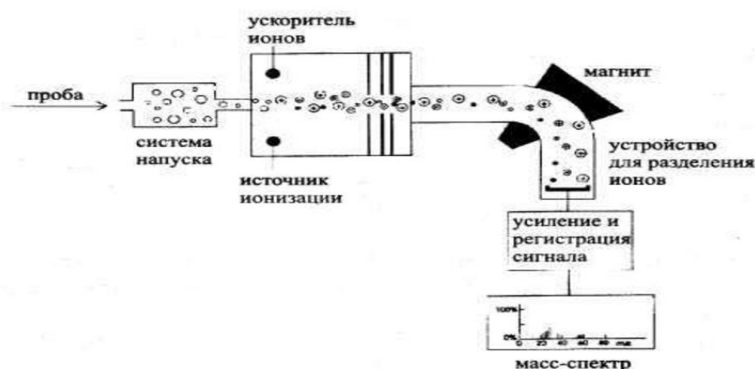
- **Анализ спектра отражения.** Данный метод используется для определения состава астероидов. Анализ, как правило, происходит с помощью специальных программ, например ОСВАСО («Определение состава вещества астероидов по спектрам отражения»). Сначала нормируются используемые спектры отражения на длине волны 0,55 мкм. Затем производится расчет полиномиального приближения спектра отражения астероида. Далее выбираются супергруппы минералов (высокотемпературные, низкотемпературные смеси) для построения модельного приближения (этот выбор пользователь делает на основании

установленного или предполагаемого класса астероида). Потом происходит фильтрация спектров отражения минералов или метеоритов, выбранных для построения модельного приближения. Для этой цели был выбран некоторый «стандартный» набор длин волн (набор опорных точек), большая часть которых соответствует длинам волн характерных особенностей спектров отражения часто встречающихся в метеоритах минералов. Программа отбирает из базы данных спектры отражения минералов или метеоритов, отличающиеся от полиномиального приближения спектра отражения изучаемого астероида в заданных опорных точках не больше чем на число $a1 \geq 0$, заданное пользователем. После происходит расчёт модельного приближения полинома комбинацией отобранных спектров отражения минералов или метеоритов.

- **Масс-спектрометрия изотопного обмена.** Этот метод часто применяется для определения состава метеоритов. Масс-спектрометрия основана на разделении поступающих заряженных частиц по их массе-заряду (см. Рис. 17). Измерение интенсивности ионного тока позволяет произвести отдельный подсчёт доли каждого из компонентов (получить масс-спектр вещества). В силу того, что химический состав позволяет судить о свойствах и происхождении вещества, масс-спектрометрия имеет большое значение в науке, промышленности и медицине. В метеоритике используется один из разделов масс-спектрометрии, специализированный для определения содержания изотопов того или иного вещества [13].

МАСС-СПЕКТРОСКОПИЯ

Схема устройства масс-анализатора



39

Рис. 17. Принцип работы масс-спектрометра. Доступно по ссылке <https://shtampik.com/photo/vidiy-spektrometrov/41>

Классификация астероидов

В 1975 году Кларк Чепмен, Дэвид Моррисон и Бен Зеллнер предложили современную классификацию метеоритов. Она включала три типа: С — тёмные углеродистые объекты, S — каменные (кремниевые) объекты и U для астероидов, не подпадающих под категории С и

S. В дальнейшем данную классификацию расширили и уточнили, добавив несколько новых типов (см. Рис. 18). На данный момент существует ряд систематик, но чаще всего на практике применяются две спектральные классификации: Дэвида Толена и SMASS.

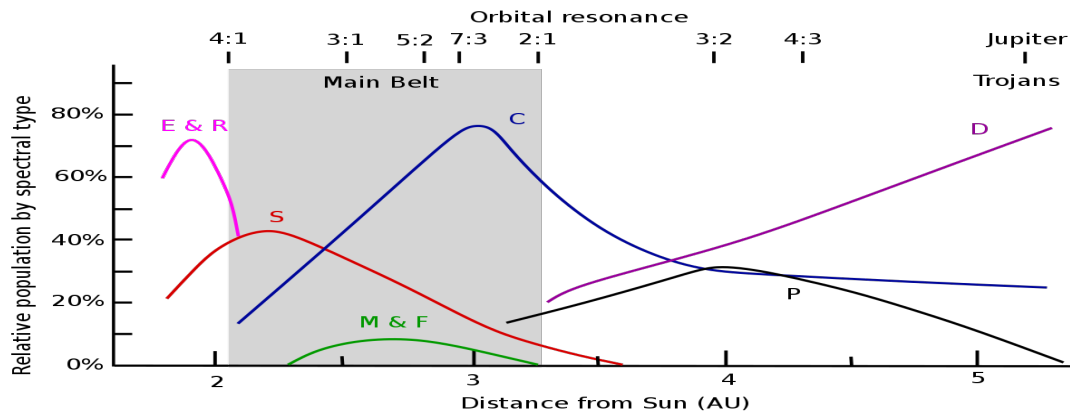


Рис. 18. Распространённость разных типов астероидов в Солнечной системе.

Доступно по ссылке https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.e7b986e4-66d22037-e4005c86-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_spectral_types

Классификация Толена делит астероиды на три обширные группы: углеродные (С-группа), кремниевые (S-группа) и железные (X-группа).

Группа углеродных астероидов состоит из следующих классов:

- Класс С — к этому классу принадлежит большинство типичных астероидов группы и до 75 % от общего числа астероидов.
- Класс В — в целом данный класс схож с астероидами класса С, но отличается почти полным отсутствием поглощения на длине волны ниже 0,5 мкм и слегка голубоватым спектром.
- Класс F — редкий тип астероидов, схожий с астероидами класса В, но без следов «воды», поглощающей на длине волны около 3 мкм, указывающей на наличие гидратированных минералов, различающихся на длине волны низкой части ультрафиолетового спектра ниже 0,4 мкм.
- Класс G — это достаточно редкий класс астероидов, близок по характеристикам к С-типу, но отличается низким альбедо и почти плоским (бесцветным) в видимом диапазоне спектром отражения. В его составе преобладают силикаты, слюда и глина с примесью углерода или органических соединений (к данному классу принадлежит Церера).

Группа кремниевых астероидов (S-группа) — целиком состоит из S-класса кремниевых (каменных) астероидов. К этому классу относится примерно 17 % от общего числа астероидов.

Группа железных астероидов (X-группа) объединяет несколько классов астероидов, с аналогичными спектрами, но, скорее всего, разного состава. В группу входят объекты с высоким содержанием металлов. Это третья по распространённости группа астероидов включает следующие классы:

- Класс М — к этому классу принадлежит большинство типичных астероидов данной группы. Это третья по распространённости группа астероидов (Психея — классический представитель).
- Класс Е — отличается от класса М высоким альбедо (отражательной способностью).
- Класс Р — отличается от класса М низким альбедо.

Также классификация рассматривает ещё несколько более мелких классов:

- Класс А — это редкий класс астероидов (с 2005 года астероидов этого класса было обнаружено всего 17), которые характеризуются достаточно высоким альбедо и красноватым цветом в видимой части спектра, что определяется значительным ростом к длинным волнам отражательной способности астероидов этого класса.
- Класс D — этот класс включает в себя объекты с очень низким альбедо (0,02–0,05) и ровным красноватым спектром без чётких линий поглощения. Такие свойства имеют силикаты, богатые углеродом или органическими веществами, возможно, вперемешку с водяным льдом. Из них состоят, например, частички межпланетной пыли, которая, вероятно, заполняла и окосолнечный протопланетный диск ещё до образования планет. На основе этого сходства можно предполагать, что D-астероиды являются наиболее древними, малоизменёнными телами пояса астероидов.
- Класс J — астероиды, предположительно образовавшиеся из внутренних частей Весты. Спектры этих тел придают им сходство с астероидами V класса, но их отличает особо сильные полосы поглощения на длине волны 1 мкм.
- Класс Q — ещё один редкий тип астероидов. В их спектре на длине волны 1 мкм присутствуют яркие и широкие линии оливина и пироксена, кроме того, спектральные особенности указывают на наличие металла. По характеру спектра поглощения на длине волны 0,7 мкм, эти тела занимают промежуточное положение между астероидами, принадлежащими к V и S классам. Также у их спектра есть некоторое сходство с таковым у хондритных метеоритов, что указывает на их предположительно широкую распространённость в поясе астероидов.
- Класс R — астероиды, имеющие относительно высокое альбедо и красноватый спектр отражения на длине 0,7 мкм. Также имеется широкая полоса поглощения довольно большой глубины на длине волны 1–2 мкм, указывающая на высокую концен-

трацию в поверхностных породах оливина, пироксена и некоторых металлов, вероятно, с добавкой плагиоклаза. В целом по спектральным характеристикам занимает промежуточное положение между астероидами V и A классов.

- Класс T — это класс астероидов, имеющих низкое альbedo и красноватый спектр (с умеренным поглощением на длине волны 0,85 мкм), который похож на спектры астероидов P- и D-классов, но по наклону занимающий между их спектрами промежуточное положение. Поэтому минералогический состав астероидов T-, P- и D-классов считается примерно одинаковым и соответствующим безводным силикатам, богатым углеродом или органическими соединениями.
- Класс V — астероиды этого класса умеренно яркие и довольно близки к более общему S классу, которые также в основном состоят из камня, силикатов и железа (хондритов), но в отличие от класса S в них более высокое содержание пироксена.

При поиске органических и предбиотических соединений чаще всего рассматривают классы D, C или S в группах C и S соответственно. D-астероиды (напр. (152) Атала) привлекают исследователей своей предполагаемой древностью (они мало изменились со времени формирования Солнечной системы) и возможным содержанием воды и органических соединений в своём составе. Также отправляются миссии к астероидам C- или S-групп.

Так, аппарат «Хаябуса-2» собрал материал на поверхности Рюгу, астероида из класса C, в феврале 2019 года и доставил на Землю в декабре 2020 года, где их извлекли в 2021 году. Материал с небесного тела содержит несколько предбиотических органических веществ, включая разновидности аминокислот. Живые существа используют эти элементы в создании белков, необходимых для регулирования химических реакций и формирования волос и мышц. Наличие предбиотических молекул на поверхности Рюгу, несмотря на суровые условия, вызванные солнечным нагревом и ультрафиолетовым излучением, предполагает, что верхние слои астероида обладают потенциалом для защиты органических молекул, заявил ведущий автор исследования из Университета Кюсю Хироси Нараока. Он добавил, что молекулы могут перемещаться по всей Солнечной системе, рассеиваясь в виде частиц межпланетной пыли, выброшенных с поверхности Рюгу после столкновений, и по другим причинам. Кроме того, на Рюгу обнаружили органические предбиотические молекулы, образующиеся в присутствии жидкой воды. В настоящий момент результаты исследования аминокислот на астероиде в основном согласуются с тем, что учёные наблюдали в некоторых типах богатых углеродом метеоритов, которые подверглись воздействию воды в космосе, отметил соавтор работы из Центра космических полётов имени Годдарда Джейсон Дворкин. В образцах с Рюгу отсутствует сахар и компоненты ДНК и РНК, ранее обнаруженные на других богатых углеродом астероидах. Команда подозревает, что, возможно, эти соединения присутствуют на небесном теле, однако их концентрация ниже пределов фиксации в связи с небольшой массой добытых образцов [14].

Ранее, 25 ноября 2005 года японский космический зонд «Хаябуса» коснулся поверхности S-астероида Итокавы и взял образцы грунта, чтобы доставить их на Землю. Как показали результаты исследования, опубликованного в журнале *Scientific Reports*, необходимые для жизни на Земле вещества, такие как органические молекулы и вода, произошли на поверхности астероидов: детально изучив крупинцы пыли, которые вернулись на Землю с Итокавы, ученые пришли к выводу, что вода и органическое вещество возникли из самого астероида, а не прибыли на нашу планету в результате столкновения [13]. Эти данные свидетельствуют о том, что астероиды эволюционировали химически в течение миллиардов лет. Ученые утверждают, что это очень важное открытие, способное «переписать историю жизни на нашей планете». Авторы работы отмечают, что органическое вещество прямо не указывает на то, что жизнь существует на астероидах, но свидетельствует о том, что «астероиды несут в себе то же сырье, которое было первым источником жизни на Земле». По словам исследователей, на протяжении миллиардов лет астероид медленно поглощал жидкость и органическое вещество, прямо как наша планета. Изучая грунт Итокавы, ученым также удалось определить его возраст — он составил 4,64 млрд лет, что сопоставимо с возрастом нашей Солнечной системы (4,57 млрд лет). Интересно и то, что в ходе работы исследователи пришли к выводу о том, что в прошлом астероид столкнулся с другим небесным телом и перенес экстремальный нагрев, в результате чего частично лишился воды и разрушился. Вернуть воду Итокава смог с помощью пыли от мелких космических тел, проплывающих поблизости [15].

Также исследователи проверили кусочки астероида Бенну, принадлежащего к классу B в C-группе, доставленные аппаратом NASA OSIRIS-REx в сентябре 2023. В распоряжении ученых оказалось более 1 000 частиц размером более полмиллиметра, 28 частиц размером более сантиметра, а размер самой большой частицы составляет 3,5 см. Образцы Бенну содержат большое количество воды, заключенной в таких минералах, как глина, а также они богаты углеродом, азотом, серой и фосфором. Образцы OSIRIS-REx представляют собой крупнейший нетронутый резервуар такого материала на Земле. Образцы OSIRIS-REx отличаются фосфатной коркой, никогда ранее не встречавшейся в метеоритах. По словам ученых, такие высокие концентрации фосфатов ранее находили во взвешенных океанских мирах, таких как спутник Сатурна Энцелад [16].

Классификация SMASS — относительно новый метод классификации, предложенный Шелте Басом и Richard P. Binzel в 2002 году на основе результатов проекта «Спектрального изучения малых астероидов главного пояса астероидов» (SMASS) по итогам изучения 1447 астероидов. Это исследование спектров проводилось с гораздо более высоким разрешением, чем ECAS, что позволило проанализировать спектры поверхностей астероидов на более узких длинах волн, выявив, тем самым, много новых особенностей в спектре. Тем не менее, исследования проводились в небольшом диапазоне длин волн (от 0,44 мкм до 0,92 мкм) и при этом не учитывалось

альbedo астероидов. Новая классификация разрабатывалась так, чтобы максимально сохранить связь таксономией Толена, в результате с учётом разницы полученных данных, астероиды были разделены на 24 класса. В итоге большинство астероидов были распределены по трём

большим классам (C, S и X), а остальные попали в более мелкие классы.

Виды метеоритов.

Современные метеориты также делятся на три большие группы: железные, железо-каменные и каменные (см. Рис. 19).

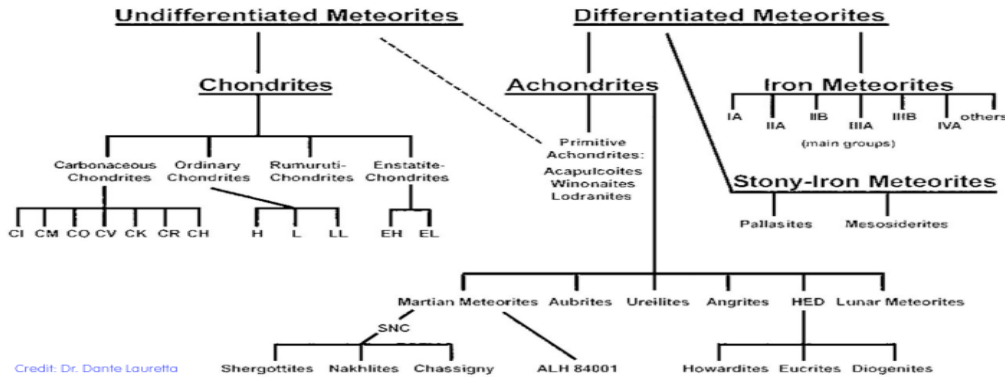


Рис. 19. Современная классификация метеоритов. Таблица взята с сайта Southwest Meteorite Laboratory meteoritelab.com. Доступно по ссылке <https://meteoritelab.com/about/meteorites/meteorite-classification/>

Железные метеориты.

В химическом составе этой группы преобладают элементы Fe, Ni и Co, которые составляют более 95 %. Ni присутствует всегда; концентрация почти всегда превышает 5 % и может достигать около 25 %. Значительный процент никеля можно использовать в полевых условиях, чтобы отличить метеоритное железо от изделий из железа, изготовленных человеком, которые обычно содержат меньшее количество Ni, но этого недостаточно, чтобы доказать метеоритное происхождение. На данный момент железные метеориты классифицируют по структуре и химическому составу и выделяют следующие категории:

- Гексаэдриты (H) — это метеориты с низким содержанием никеля, без рисунка Видманштеттена;
- Октаэдриты (O) — тела с средним или высоким содержанием никеля, есть узоры Видманштеттена, наиболее распространенный класс;
- Атакситы (D) — это метеориты с очень высоким содержанием никеля, без рисунка Видманштеттена, достаточно редкие.

Более новая схема химической классификации, основанная на соотношениях микроэлементов Ga, Ge и Ir, разделяет железные метеориты на классы, соответствующие различным родительским телам астероидов. Эта классификация основана на диаграммах, которые отображают содержание никеля в зависимости от различных микроэлементов (например, Ga, Ge и Ir). Различные группы железных метеоритов отображаются в виде кластеров точек данных. Первоначально было четыре из этих групп, обозначенных римскими цифрами I, II, III, IV. Когда стало доступно больше химических данных, они были разделены, например, группа IV была разделена на метеориты IVA и IVB.

Железокаменные метеориты в сравнении с предыдущей группой включают меньше видов:

- **Палласиты** — относительно редкие метеориты, которые можно отличить по наличию крупных

кристаллических включений оливина в ферроникелевой матрице. Эти кристаллы представляют собой материал мантии и ядра дифференцированных планетезималей (небесных тел на орбите вокруг протозвезды), которые были разрушены в результате сильных столкновений во время раннего формирования Солнечной системы. Внутри группы тоже выделяют подтипы: палласиты основной группы, палласиты станции Игл (содержат ПФ метеоритное железо) и пироксеновые палласиты (содержат около 5 % ортопироксена);

- **Мезосидериты** — это класс каменно-железных метеоритов, состоящих примерно из равных частей никеля, железа и силиката. Это брекчии (горные породы, состоящие из осколков минералов или горных пород, скрепленных между собой мелкозернистой матрицей) с неправильной текстурой; силикаты и металл часто встречаются в виде комков или гальки, а также в виде мелкозернистых наростов. Силикатная часть содержит оливин, пироксены и полевой шпат, богатый Ca. Это достаточно редкий тип метеоритов.

Каменные метеориты.

Каменные метеориты классифицируют по наличию или отсутствию хондр (округлых образований размером в среднем 0,5–1,0 мм, представляющих собой быстро затвердевшие капли расплавленного силикатного вещества). Таким образом, данную группу разделяют на хондриты и ахондриты соответственно. Хондритовые метеориты включают в себя следующие типы:

- **Углеродистые хондриты** (хондриты C-типа) — эти метеориты составляют менее 5 % хондритов, выпадающих на Землю. Они характеризуются присутствием углеродных соединений, включая аминокислоты. Считается, что они образовались дальше всех от солнца из всех хондритов, поскольку в них самая высокая доля летучих соединений.

Еще одной из их основных характеристик является присутствие воды или минералов, которые были изменены присутствием воды [17];

- *Обычные хондриты* — это наиболее распространенный тип метеоритов, падающих на Землю: около 80 % всех метеоритов и более 90 % хондритов являются обычными хондритами. Они содержат большое количество хондр, разреженную матрицу (10–15 % породы), несколько тугоплавких включений и различные количества металла Fe–Ni и тропилита (FeS). Их хондры обычно имеют диаметр от 0,5 до 1 мм. Обычные хондриты химически отличаются низким содержанием тугоплавких элементов, таких как Ca, Al, Ti и редкоземельных элементов, по сравнению с Si;
- *Энстатитовые хондриты* (хондриты E-типа) — редкий тип метеоритов, составляющий лишь около 2 % от хондритов, падающих на Землю. В них, как правило, высокое содержание минерала энстатита (MgSiO₃), от которого они получили свое название. Большая часть содержащегося в них железа находится в форме металла или сульфида, а не в виде оксида. Это говорит о том, что они образовались в области, где не хватало кислорода, вероятно, в пределах орбиты Меркурия;
- *Хондриты Какангари* (группа K, тип Какангари) — тела, характеризующиеся большим количеством пылевидной матрицы и составом изотопов кислорода, сходным с углеродистыми хондритами, сильно восстановленным минеральным составом и высоким содержанием металлов (от 6 % до 10 % по объему), которые больше всего похожи на энстатитовые хондриты, и концентрациями тугоплавких элементов, которые больше всего похожи на обычные хондриты;
- *Хондриты Румурути* (тип R) — очень редкая группа, только с одним задокументированным выпадением из почти 900 задокументированных хондритовых падений. Они обладают рядом общих свойств с обычными хондритами, включая сходные типы хондр, небольшое количество ту-

гоплавких включений, сходный химический состав большинства элементов. Однако существуют существенные различия между R-хондритами и обычными хондритами: R-хондриты имеют гораздо более пылеватый матричный материал (около 50 % породы), они гораздо более окислены, содержат мало металлического Fe–Ni. Почти весь металл, который они содержат, окислен или находится в форме сульфидов. Они содержат меньше хондр, чем хондриты E, и, по-видимому, происходят из реголита астероида.

Ахондриты подразделяются на нижеперечисленные разновидности:

- *Примитивные ахондриты* — это группа метеоритов, близкая по составу к хондритам, в их текстуре есть реликтовые хондриты;
- *Астероидные ахондриты* — эти метеориты не содержат хондр. Они состоят из материала, подобного земным базальтам или плутоническим породам, дифференцированы и переработаны в меньшей или большей степени из-за плавления и перекристаллизации на родительских телах метеоритов или внутри них;
- *Лунные метеориты* — это метеорит, возникший на Луне. По составу близок лунным коренным породам, представленными либо анортозитами, либо базальтами [18];
- *Марсианские метеориты* — это фрагменты планеты Марс, выбитые из неё в результате ударов других космических тел и попавшие на Землю как метеориты. Марсианское происхождение метеоритов устанавливается посредством сравнения изотопного состава газа, содержащегося в метеоритах в микроскопических количествах, с данными анализов марсианской атмосферы, полученными аппаратами «Викинг». Кроме того, в минералах метеорита содержится значительное количество воды [18].

Заключение. Таким образом, современные методы астробиохимии играют важнейшую роль в изучении космоса, поиске внеземной жизни, а также среды обитания, потенциально пригодной для человека.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wickramasinghe, C. Panspermia versus Abiogenesis: A Clash of Cultures. *Journal of Scientific Exploration*. 2022; 36(1): 122.
2. Bell, T. E.. The Grand Analogy: History of the Idea of Extraterrestrial Life. *Cosmic Search*. 1980; 2(1): 1–10.
3. Cockell, Charles S. Exposure of phototrophs to 548 days in low Earth orbit: microbial selection pressures in outer space and on early earth. *The ISME Journal*: 2011; 5(10): 1671–1682.
4. Ward, P. D., Brownlee D. The life and death of planet Earth. New York: Owl Books, 2004.
5. Фишман, Р. Калейдоскоп миров. Как ищут экзопланеты. *Популярная механика*. 2018; 1: 36–37.
6. Chauvin, G., Lagrange A. M., Dumas C. et al. A giant planet candidate near a young brown dwarf. *Astronomy and Astrophysics journal*. 2004; 425(2): 29–32.
7. Marois, C., Macintosh B., Barman T. et al. Direct Imaging of Multiple Planets Orbiting the Star HR 8799. *Science journal*. 2008; 322(5906): 1348–1352.
8. Leung, M., Schwieterman E. W., Parenteau M. N. et al. Alternative Methylated Biosignatures. I. Methyl Bromide, a Capstone Biosignature. *The Astrophysical Journal*. 2022; 938(6): 39
9. Ravi Kumar Kopparapu, Eric T. Wolf and Victoria S. Meadows. *Characterizing Exoplanet Habitability*. Planetary Astrobiology. University of Arizona Press, 2020

10. Hall, S. The Secrets of Super-Earths. *Sky & Telescope*. 2017; March: 22–29.
11. Kitzmann, D., Alibert Y., Godolt M. et al. The unstable CO₂ feedback cycle on ocean planets. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2015; 452(4): 3752–3758.
12. Stevenson, D. J. Possibility of Life-Sustaining Planets in Interstellar Space. *Nature journal*. 1998; 392: 497.
13. Савелова, А. А., Бусарев В. В., Щербина М. Оценка состава вещества астероидов по спектрам отражения с использованием метеоритных аналогов. *Астрономия, астрофизика и космология*. 3.
14. Смирнова, Е. Первое исследование образцов астероида Рюгу показало, что он богат органикой. Доступно по ссылке на 30.08.2024 <https://m.hightech.plus/2023/02/26/pervoe-issledovanie-obrazcov-asteroida-ryugu-pokazalo-chto-on-bogat-organikoi>
15. Соковикова, Л. В пробах астероида Итокава обнаружена вода и органические материалы. Доступно по ссылке на 30.08.2024 <https://hi-news.ru/research-development/v-probax-asteroida-itokava-obnaruzhena-voda-i-organicheskie-materialy.html?ysclid=lsngvweqpr577685799>
16. Никифорова, А. Фрагмент древнего океанического мира: что показал первый анализ образца астероида Бенну. Доступно по ссылке на 30.08.2024 <https://hightech.fm/2024/02/07/bennu-ancient-ocean-world>
17. Zherebker, A., Kostyukevich Y., Volkov D. S. et al. Speciation of organosulfur compounds in carbonaceous chondrites. *Scientific Reports*. 2021; 11(1):7410.
18. Демидова, С. «Камни небесные» с Луны и Марса. *«Химия и жизнь»*. 2015; 6.



БИОЛОГИЯ

Анализ хромосом и размера генома хозяйственно-ценных видов рода *Allium* L.

Баева Арина Владимировна, учащаяся 9-го класса
МБОУ «Налобихинская СОШ» имени А. И. Скурлатова (г. Барнаул)

Пивоваров Фёдор Алексеевич, учащийся 9-го класса
КГБОУ «Бийский лицей-интернат Алтайского края»

Васильева Мария Артемовна, учащаяся 9-го класса
МБОУ Гимназия № 123 г. Барнаула

Научный руководитель: *Скапцов Михаил Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник*
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

*В статье авторы исследовали генетические особенности лука репчатого, лука-батуна, лука клубненосного, а именно количество и структуру хромосом, уровень плоидности, количество и содержание ДНК. Произведён расчет размера генома исследованных видов и размера их хромосом. Наименьший размер генома характерен для лука Батуна (24,34 млрд. пар нуклеотидов). Самый большой геном у лука клубненосного (62,24 млрд. пар нуклеотидов).
Ключевые слова: *Allium*, плоидность, хромосома, цитометрия, размер генома.*

Род *Allium* L. (Лук) — представляет двулетние и многолетние травянистых растений. По современной классификации относится к подсемейству луковые, семейства амариллисовые порядка спаржецветные. По всему миру распространено более 900 видов лука рода *Allium* виды рода произрастают в луговых, степных и лесных экосистемах [1]. Представители рода используются человеком в пищевых, декоративных и лекарственных целях. Многие виды луков культивируются в связи со своими вкусовыми и ароматическими качествами. Практически все виды можно использовать в пищу в свежем и обработанном виде. Виды рода повсеместно используются в декоративных целях, в ландшафтном дизайне и озеленении. Некоторые виды используются в лекарственных целях и народной медицине, при лёгочных заболеваниях, в фармацевтике и косметологии. Содержат в своем составе витамины, полифенолы, флавоноиды и другие полезные соединения, а также проявляют антиоксидантную активность [2, 3]. Одними из самых распространенных видов лука, зелёная часть которых используется в пищу являются: лук репчатый, лук-батун и лук клубненосный (джусай). Данные виды в виде зелени встречаются в повседневной жизни и на приусадебных участках.

Лук репчатый один из самых распространённых видов лука, используемых человеком. Выведено очень много сортов, используемых по всему миру. У лука-батуна в пищу используется чаще используются листья или все растение. Лук клубненосный более распространён в странах Азии в России менее известен. Используется в виде декоративных растений, в качестве ароматизатора и традиционной медицине. В кулинарии применим в связи со своим чесночным ароматом. В большинстве случаев обычные потребители не отличают данные виды принимая это за один вид — зелёный лук. Целью нашего исследования являются исследования плоидности количества хромосом и размера генома лука репчатого, лука-батуна и лука клубненосного.

Материалы и методы.

Для определения содержания ДНК использовали метод проточной цитометрии с окрашиванием йодидом пропидия. В качестве образцов использовали свежие листья. Образцы измельчали вместе со стандартом с использованием лезвий в буфере Tris-MgCl, дополненном йодидом пропидия (50 мкг/мл), РНКазой (10 мкг/мл) и 2-меркаптоэтанолом (0,2 %) [4]. Анализы проводили на цитометре Partec CyFlow PA. В качестве внутренне-

го стандарта использовали *Pisum sativum* с содержанием ДНК $2C = 9,09$ пг и *Vicia faba* с содержанием ДНК $2C = 26,9$ пг [5]. Прямой подсчет хромосом проводили методом давленных препаратов с окрашиванием 1 %-ным аце-тоорсеином. После этого окрашенные кончики корней срезали и раздавливали в капле 45 % уксусной кислоты.

Метафазные пластинки наблюдали и фотографировали с помощью микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A2.

Результаты

В результате исследования нами проанализирован размер генома и количество хромосом видов *A. cepa*, *A. fistulosum* и *A. tuberosum* представленные в таблице 1.

Таблица 1. Содержание ДНК, размер генома и уровень плоидности исследованных видов лука

| Вид | 2C, пг | SD, пг | CV, % | 1C, Gbp | x | 2n | 2C/2n |
|---------------------------------|--------|--------|--------|----------|---|----|-------|
| <i>Allium tuberosum</i> Spreng. | 63,644 | 0,308 | 0,48 % | 62,24392 | 4 | 32 | 1,989 |
| <i>Allium cepa</i> L. | 33,626 | 2,609 | 7,76 % | 32,88585 | 2 | 16 | 2,102 |
| <i>Allium fistulosum</i> L. | 24,881 | 0,657 | 2,64 % | 24,33398 | 2 | 16 | 1,555 |

По нашим данным лук репчатый является диплоидом с количеством хромосом $2n = 16$ и содержанием ДНК $2C = 33,626$ пг. Лук батун является диплоидом с количеством хромосом $2n = 16$ и содержанием ДНК $2C = 24,881$

пг. Лук клубненосный является тетраплоидом с количеством хромосом $2n = 32$ и содержанием ДНК $2C = 63,664$ пг. Примеры гистограмм и набора хромосом представлены на рис. 1.

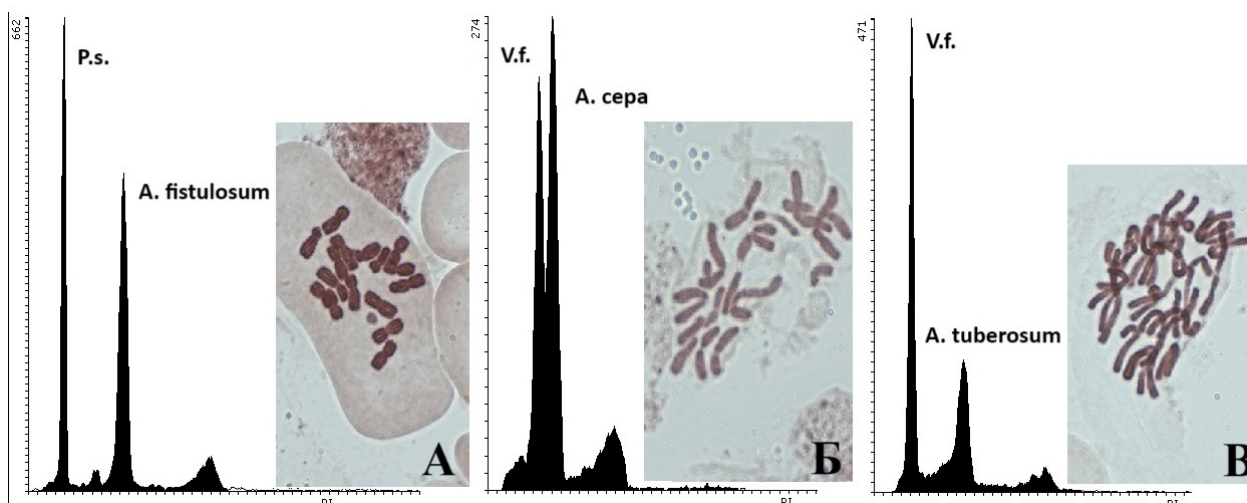


Рис. 1. Примеры гистограмм и препаратов хромосом. А — *Allium fistulosum*; Б — *Allium cepa*; В — *Allium tuberosum*

Тем самым, данные виды луков отличаются друг от друга количеством хромосом, уровнем плоидности и размером генома. Различия в размере генома связаны с уровнем плоидности и длиной хромосом. На что указывает средний размер хромосомы в пикограммах ($2C/2n$). Несмотря на внешнюю схожесть зелёной части данные виды луков значительно различаются

генетически. Наиболее эффективным методом разграничения данных видов является метод проточной цитометрии.

Благодарности

Исследования проведены на базе Алтайского государственного университета в ходе школьного научного лагеря BioCamp.

ЛИТЕРАТУРА:

- Allium // [Электронный ресурс] The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Amaryllidaceae/Allium> (дата обращения: 19.07.2024).
- Манукян, К. А., Айрапетова А. Ю., Шаталова Т. А. Получение и исследование антиоксидантной активности экстрактов листьев лука медвежьего и лука победного // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium», 2017, Т. 19, № 3, p. 150–153.
- Безматерных, К. В., Ширшова Т. И., Бешлей И. В., Матистов Н. В., Смирнов Г. В., Октябрьский О. Н., Володин В. В. Оценка антиоксидантной активности экстракта *Allium schoenoprasum* L. и *Rubus chamaemorus* L. произрастающих в Республике Коми // Химико-фармацевтический журнал, 2014, Т. 48, № 2, с. 36–40.
- Pfossier, M., Heberle-Bors E., Amon A., Lelley T. Evaluation of sensitivity of flow-cytometry in detecting aneuploidy in wheat using disomic and ditelosomic wheats addition lines // Cytometry, 1995, № 21, p. 387–393.
- Doležel, J., Sgorbati S., Lucretti S. Comparison of three DNA fluorochromes for flow cytometric estimation of nuclear DNA content in plants // Physiologia Plantarum, 1992, № 85, p. 625–631.

Выявление гена лежкости у сортовых и магазинных видов яблонь

Болотина Анна Сергеевна, учащаяся 11-го класса
МБОУ «Лицей «Сигма» г. Барнаула

Титова Екатерина Артёмовна, учащаяся 8-го класса
МБОУ «Лицей № 73» г. Барнаула

Игнатова Злата Павловна, учащаяся 9-го класса
МБОУ «Лицей «Сигма» г. Барнаула

Гальчина Таисия Алексеевна, учащаяся 10-го класса
МБОУ «Лицей № 121» г. Барнаула

Научный руководитель: *Колтунова Анастасия Максимовна, младший научный сотрудник*
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

Ключевые слова: яблоня, генетика, ген лежкости, ПЦР.

Введение

Род *Malus* или яблоня, относится к семейству Розоцветные. Она относится к роду многолетних листопадных деревьев (или кустарников семейства розовых). Высота растения колеблется от 2 до 10 м, а диаметр цветка составляет 4 см. Яблоня является плодово-семечковой культурой. В её роду распространено более 70 видов. Род распространён повсеместно, но предпочтительно в зонах умеренного климата. Самыми распространёнными видами яблонь являются: восточная, лесная, айвовская, сибирская, бурая и т.д. Растение представляет собой дерево с шаровидной кроной. Корневая система стержневая. Листья простые, опушенные. Цветки крупные по размеру, простые. Обычно бледно — розового или белого цвета. Они собраны по несколько штук в щитковидные соцветия. Плод — яблоко. Всего выведено около 70 тысяч сортов яблок, однако по всему миру выращивается чуть больше 10 сортов [2].

Разные сорта обладают различными способностями к хранению. К сожалению, на полках наших магазинов нет сортов, выращенных в Алтайском крае, которые обладают фактором длительного хранения. Этот фактор называют лежкостью. Её подразделяют на низкую, среднюю и высокую. Уровень лежкости зависит от количества выделения этилена в плодах. Синтез данного гормона кодируется двумя генами: *Md-ACOIFR* и *Md-ACS1*. Гормон этилен синтезируется в семенах, что способствует созреванию плода при хранении. Биосинтез экспансиона обеспечивает плотность и твердость, что увеличивает срок хранения плода (*MD-Exp7*) [3].

В связи с этим встает вопрос выведения новых сортов, обладающих геном лежкости. Ключевой проблемой является то, что ждать первый урожай яблони придется минимум 5–7 лет. Но селекционеры нашли выход из данной ситуации, ведь знание и понимание генетических основ дает возможность изучить признак растения до

его плодоношения с помощью методов молекулярной биологии [1].

В нашей работе мы будем исследовать методом эксперимента наличие генов лежкости в разных сортах плодов.

Цель: проанализировать присутствие гена лежкости в разных сортах яблок.

Задачи:

- 1) Анализ литературных данных.
- 2) Выделение ДНК из сортовых и покупных видов яблонь.
- 3) Проведение ПЦР анализа.
- 4) Проведение электрофореза.
- 5) Обработка результатов.

Материалы и методы

Материалы для исследования были предоставлены НИИС имени М. А. Лисавенко (ветки деревьев), а также приобретены в магазине города Барнаул (плоды — яблоки) (Таблица 1).

Выделение нуклеиновых кислот производилось по протоколу производителя (*DimondDNA*, г. Барнаул). Полимеразная цепная реакция проводилась в готовой смеси *БиоМастер HS-Taq ПЦР* (*Биолабмикс*, Россия).

Аmplификацию мы проводили в термоциклере ДНК — *Технология*, ДТ — 322, по следующей программе: денатурация 95 °С — 15 с, отжиг праймеров 57 °С 40 с, элонгация 72 °С 30 с (всего 35 циклов). Для визуализации результатов был проведен горизонтальный электрофорез в 1,5 % агарозном геле. Далее был сделан снимок геля в транс-иллюминаторе.

Результаты

В результате анализа было изучено присутствие гена *Md-ASCI* у 8 сортов яблок. Данный ген отвечает за выработку гормона этилена, который синтезируются семенами в плодах яблонь. Повышенный биосинтез данного гормона влияет на скорость созревания плода даже после сбора урожая.

Таблица 1. Сорта яблок, использованных в исследовании

| Номер образца | Название сорта | Материал |
|---------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Уральское | Листовая пластина |
| 2 | Ред | Мякоть плода |
| 3 | Багряное | Листовая пластина |
| 4 | Грени | Мякоть плода |
| 5 | Алтайское румяное | Листовая пластина |
| 6 | Гала | Мякоть плода |
| 7 | Подарок | Листовая пластина |
| 8 | Фуджи | Мякоть плода |
| 9 | Алтайское | Листовая пластина |

ген Md-ACS1

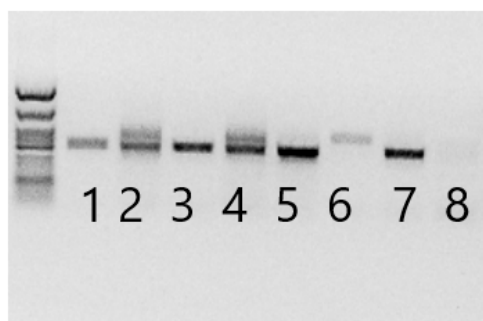


Рис. 1. Гель электрофореза

Результат представлен в виде геля электрофореза (Рисунок 1). У каждого образца вы можете наблюдать горизонтальные полоски — бенды. Один бенд означает, что у этого образца присутствует один аллель по этому гену и соответствует гомозиготе. Два бенда на картинке электрофореза соответствует двум аллелям или по-другому гетерозиготе.

Гетерозиготные образцы, те у кого присутствует два бенда, указывает на сорта с низким уровнем этилена. Получается, что данные сорта имеют зимний, осенний и позднеспелый срок созревания. Низкий уровень этилена способствует долгому хранению яблок. Именно такие образцы мы выявили в нашем исследовании под номерами два и четыре.

Гомозиготные образцы — это образцы, у кого были выявлено по 1 бенду. По литературным данным сорта имеющие такие характеристики имеют низкую степень лежкости и разные сроки созревания. В нашем исследовании эти образцы указаны под номерами 1, 3, 5, 7 и были предоставлены институтом Лисавенко. К сожалению, данные образцы не следует использовать для селекции.

Образец под номер 8, сорт Фуджи, по литературным данным имеет гетерозиготный признак по данному участку ДНК. Однако, в нашем исследовании образец не показал результатом. Мы предполагаем, что выделилось недостаточное количество ДНК.

Заключение

В нашем исследовании сорта под торговыми знаками Ред и Грени, которые были закуплены в магазинах города Барнаул, имеют ген Md-ACS1 в гетерозиготном состоянии, что соответствует сортам с низким биосинтезом этилена, а, следовательно, обладают длительной лежкостью. Этот факт объясняет присутствие данных сортов в течении всех сезонов года.

У сортов яблок из Лисавенко исследованный ген представлен гомозиготой, что соответствует высокому уровню биосинтезу этилена, а, следовательно, срок хранения таких плодов мал.

Благодарности

Исследования проведены на базе Алтайского государственного университета в ходе школьного научного лагеря «BioCamp». Образцы четырех сортов яблонь были предоставлены НИИС имени Лисавенко.

ЛИТЕРАТУРА:

- И. И. Супрун, С. В. Токмаков «Изучение аллельного разнообразия генов синтеза этилена Md — ACS1 и Md — ACS1 в отечественной генплазме яблони».
- Электронный ресурс (Большая российская энциклопедия): <https://bigenc.ru/c/iablonia-a16ea9>

3. Шамшин, И. Н., Шлявас А. В., Трифонова А. А., Борис К. В., Кудрявцев А. М. Полиморфизм генов биосинтеза этилена и экспансина уместных и стародавних сортов яблони (*Malus domestica* Borkh.) из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(6):660–666. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.408>.

Генетическое родство алтайского марала с другими группами благородного оленя на основе последовательностей гена цитохромоксидазы I

Горда Мария Сергеевна, учащаяся 10-го класса
ЧОУ «Барнаульская классическая школа»

Куцев Максим Максимович, учащийся 7-го класса
МБОУ «Лицей «Сигма» г. Барнаул

Кучер Прохор Артёмович, учащийся 11-го класса
МБОУ СОШ № 91 г. Барнаул

Научный руководитель: Уварова Ольга Васильевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

В статье приведены результаты исследования последовательностей гена цитохромоксидазы I алтайского марала. Построено филогенетическое дерево с использованием, полученных авторами последовательностей цитохромоксидазы I, а также последовательностей, размещенных в генбанке NCBI. В результате исследования выявлены наиболее сильные генетические связи между алтайским маралом и канадским подвидом оленя.

Ключевые слова: *Cervus elaphus*, цитохромоксидаза I, алтайский марал, ДНК.

Введение.

Благородный олень или *Cervus elaphus* обитает на обширной территории. Вид делится на две группы подвигов: восточную, которая включает в себя азиатские (кроме Центральной Азии) и североамериканские подвиды, и западную, в которую входят европейские и центральноазиатские подвиды. Некоторые исследователи рассматривают их в качестве двух разных видов — благородного оленя *Cervus elaphus* и вапити — *Cervus canadensis*, потому что их представители имеют явные морфологические и генетические различия.

В азиатской части, наравне с сибирским маралом *C. e. sibiricus* и дальневосточным изюбром *C. e. xanthopygus* проживают китайские и монгольские подвиды *C. e. manitobensis*, *C. e. wallichi*, *C. e. alashanicus*, *C. e. songaricus* и *C. e. kansuensis*. Североамериканских вапити классифицируют как единый подвид *C. e. canadensis* или как группу подвигов: *C. e. roosevelti*, *C. e. nannodes*, *C. e. nelson*, *C. e. manitobensis*. При этом внутривидовая систематика благородного оленя трактуется неоднозначно и у различных авторов можно встретить разные подвидовые названия для особей для одного района исследований (Охлопков и др., 2022).

Важно отметить, что в работах разных авторов встречаются различные подвидовые названия для особей од-

ного исследуемого района, следовательно внутривидовая тематика *Cervus elaphus* не так однозначна.

Цель исследования — выявить на основе последовательности гена цитохромоксидазы, к какой группе *Cervus elaphus* наиболее близок алтайский марал.

Задачи исследования:

1. Выделить ДНК.
2. Провести амплификацию гена цитохромоксидазы.
3. Провести электрофорез ДНК, очистить продукт ПЦР.
4. Провести секвенирование ДНК.
5. Провести анализ ДНК, построить филогенетическое дерево.

Материалы и методы

Выделение ДНК производили из мышечной ткани, крошки рога и хрящей ушных раковин алтайского марала с использованием. Выделение ДНК проводили с помощью наборов реагентов DiamondDNA (Алтайбиотех, Россия). Для определения полных последовательностей гена субъединицы I цитохром оксидазы (COX1) митохондриальной ДНК использовали праймеры COI-F3 (CAA CAC TTG TTC TGA TTC TTC GG) и COI-R2 (GGG TGG CCA AAG AAT CAG AAC AAG TG). Программа амплификации включала первичную денатурацию при 95°C — 3 мин; 35 циклов: 95°C — 15 сек., 57°C — 30 сек.,

72°C — 30 сек. Амплификацию проводили с использованием готовых ПЦР-смесей производства Биолабмикс (Россия). Очистку продукта ПЦР проводили на магнитных частицах MagnetDNA (МВМ-Диагностик, Россия). Секвенирование образцов для повышения точности прочтения последовательностей проведено в 4-х повторностях на базе ЗАО «Синтол» (Москва). Полученные последовательности были автоматически выравнены с помощью программы MEGA11 (Tamura et al., 2021). Также в анализе были использованы последовательности цитохромоксидазы I из генбанка NCBI:

Cervus elaphus barbarous, Северная Африка — OL679922 (Mackiewicz et al., 2022).

Cervus elaphus, Аоста, Италия — MZ402619.1

Cervus canadensis nannodes — MT430939.1 (Kim et al., 2020)

Rusa unicolor, Азия — MF176999 (Jayasundara et al., 2023) — Внешняя группа

Филогенетический анализ был проведен в программе MEGA11 с применением алгоритма ближайших соседей (NJ), для анализа поддержки ветвей произведен бутстрэп-тест (количество итераций — 500 000).

Результаты и обсуждения

В результате исследования построено филогенетическое дерево (Рис. 1).

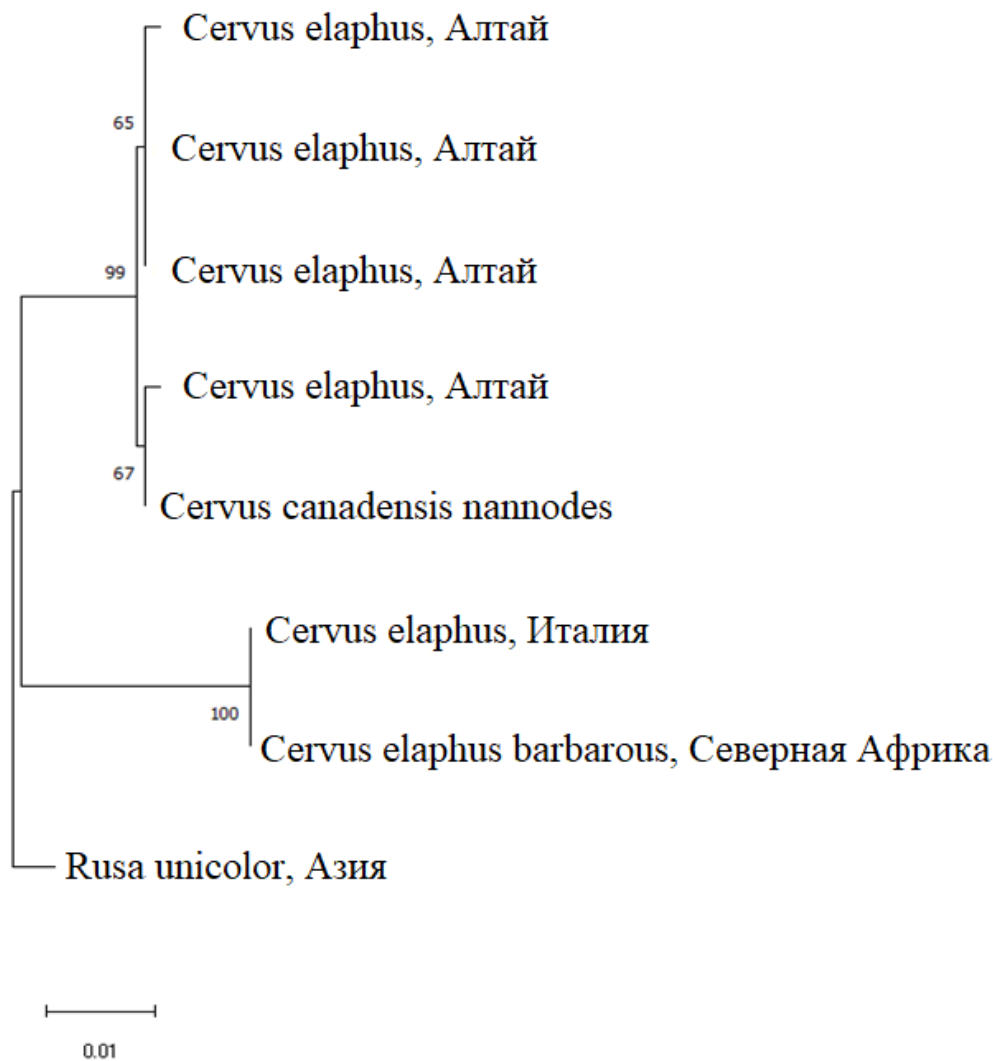


Рис. 1. Филогенетическое дерево на основе последовательности цитохромоксидазы (COX1)

На основе анализа филогенетического дерева выявлены наиболее сильные генетические связи между алтайским маралом и канадским подвидом оленя — *Cervus canadensis nannodes*. Менее связаны группы алтайского марала и европейского благородного оленя (*Cervus elaphus*). Мы связываем данный факт с существовавшим в недавнее время Беренгийского перешейка между Азией

и Северной Америкой и свободной миграцией предков современного алтайского марала между континентами.

Благодарности

Исследования проведены на базе Алтайского государственного университета в ходе школьного научного лагеря BioCamp.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Охлопков, И. М., Аргунов А. В., Сипко Т. П. Генетическое разнообразие восточных подвигов благородного оленя (*Cervus elaphus*) России по данным полиморфизма мтДНК и микросателлитных локусов // Журнал общей биологии. — 2022. — Т. 83. — №. 6. — с. 419–433.
2. Jayasundara, S. L., Algewatta, H. R., Jayawardana, S., Perera, M., & Peiris, L. D. C. (2023). Molecular Identification and Evolutionary Divergence of the Sri Lankan Sambar Deer, *Rusa unicolor* (Kerr 1792). *Animals*, 13(18), 2877.
3. Kim, H. J., Hwang, J. Y., Park, K. J., Park, H. C., Kang, H. E., Park, J., & Sohn, H. J. (2020). The first complete mitogenome of *Cervus canadensis nannodes* (Merriam, 1905). *Mitochondrial DNA Part B*, 5(3), 2294–2296.
4. Mackiewicz, P., Matosiuk, M., Świsłocka, M., Zachos, F. E., Hajji, G. M., Saveljev, A. P., Ratkiewicz, M. (2022). Phylogeny and evolution of the genus *Cervus* (Cervidae, Mammalia) as revealed by complete mitochondrial genomes. *Scientific Reports*, 12(1), 16381.
5. Tamura, K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11 // *Molecular biology and evolution*. — 2021. — Т. 38. — №. 7. — с. 3022–3027.

Анатомия и морфология кроликов и зайцев в сравнительном аспекте на примере домашнего кролика из рода *Oryctolagus* и зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) Мегежекской местности Нюрбинского района Республики Саха (Якутия)

Иванова Дайаана Николаевна, учащаяся 11-го класса

Научный руководитель: Тимофеева Евдокия Гаврильевна, учитель русского языка и литературы МБОУ «Хатынская средняя общеобразовательная школа им. Н. И. Прокопьева» (Нюрбинский район, Республика Саха)

В данной статье проводятся исследования анатомии и морфологии кроликов и зайцев, с акцентом на сравнительный анализ домашних кроликов из рода *Oryctolagus* и зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) обитавшего в мегежекской местности Нюрбинского района, Республики Саха (Якутия). Исследование охватывает основные аспекты анатомических и морфологических особенностей данных млекопитающих, включая структуру скелета, органов, среды обитания. Также рассматриваются различия в физиологических характеристиках и поведении представленных видов.

Ключевые слова: *Lepus timidus* L., кролики, анатомия, морфология.

Из-за внешнего сходства многие путают кроликов и зайцев. Хотя оба вида относятся к одному семейству зайцеобразных, но отличий все же больше, чем сходства. В этой работе мы найдем отличия в строении кроликов и зайцев. Многие предполагают, что кролик — это одомашненный заяц.

Целью работы было найти отличия в анатомии и морфологии между кроликом и зайцем на примере практического исследования домашнего кролика (*Oryctolagus cuniculus* L.) и зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) мегежекской местности.

Исходя из цели поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить научные труды в области зоологии о данных млекопитающих;
- 2) Рассмотреть внешние и внутренние различия особей зайцеобразных;
- 3) Анализ и сравнение полученных результатов исследования

Материалом для исследовательской работы мы использовали зайца-беляка (рис. 1) и двух шестимесячных кроликов мужского и женского пола одного возраста (рис. 2 и рис. 3).

Зяец был добыт 1 октября 2023 года. Измерения проводились с 22 октября по 14 ноября. Определить возраст зайца почти невозможно, так как внешние возрастные признаки у зайца-беляка сохраняются недолго. Согласно данным одной из статей охотничьего журнала, в дикой природе возраст зайца редко превышает четырех лет, на долю четырехлетних приходится не более 4–5 % особей [1].

Это моя первая исследовательская работа в естественно-научной области и первое исследование зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) мегежекской местности в научных целях.

После изучения научных трудов об экологии и образе жизни исследуемых зайцеобразных, полученные выводы оформили в виде таблицы 1.

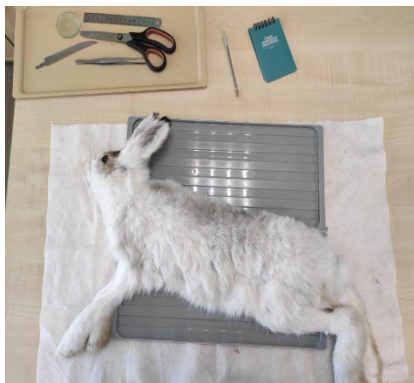


Рис 1. Фото исследуемого зайца-беляка



Рис. 2. Фото кролика 1, самка, кличка — Ленор

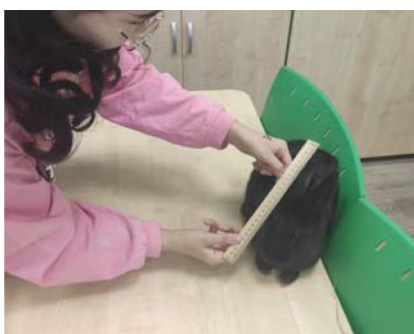


Рис 3. Фото кролика 2, самец, кличка — Эдгар.

Таблица 1. Характеристики кролика и зайца

| Критерии | Кролик | Заяц |
|------------------|--|--|
| Внешнее строение | Голова с туловищем небольшие по размерам | Крупное туловище, длинные уши |
| Окрас | Окрас шерсти разнообразный, после линьки окрас почти не меняется | Цвет шкурки преимущественно серо-буроватый. Цвет меха меняется в зависимости от сезона |
| Размножение | Размножаются круглогодично. Крольчата рождаются слепыми и голыми | Спариваются и воспроизводят потомство только в благоприятный для размножения период года. Зайчата появляются на свет опушенными, зрячими. Производят потомство в наземные гнезда |
| Образ жизни | Роят норы, в которых формируют гнезда, относятся к стайным животным, приручаются | Отдают предпочтение одиночному проживанию. Не поддаются одомашниванию, дрессировке |

Сравнительная характеристика внешности животных представлена в таблице 2. По внешнему строению

между зайцами и кроликами существует множество отличий.

Таблица 2. Морфологические показатели зайца-беляка и домашнего кролика

| Признаки | Заяц-беляк | Домашние кролики | |
|------------------|------------|------------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| Пол | Женский | Мужской | Женский |
| Возраст, месяц | - | 2 месяца | 2 месяца |
| Масса, кг | 2,5 | 1,2 | 1,4 |
| Длина тела, см | 56,3 | 39,8 | 42,1 |
| Длина хвоста, мм | 71 | 52 | 56 |
| Макс. Длина, мм | 90 | 78 | 85 |
| Мин. Длина, мм | 15 | 13 | 13 |
| Длина ушей, мм | 11 | 9,8 | 10,4 |

Лапы и уши у кроликов короче, чем у зайцев. У зайцев отсутствует половой диморфизм [2]. Ноги зайца по отношению к телу намного длиннее ног кролика.

Исходя из таблицы можно сделать такие выводы:

1. Самка кролика больше самца;
2. Заяц-беляк больше домашних кроликов на 26 %, исходя из массы тела;
3. Возраст зайца-беляка не известен. По состоянию зайца-беляка можно сказать следующее: а) по шерсти заяц-беляк не старше 6 лет; б) по состоянию изгибов кисти можно определить, что заяц-беляк уже зимовал.

Исходя из вышеописанного, мы поняли, что заяц-беляк больше домашних кроликов более чем на 12 %.

Хоть зайцы и кролики кажутся сходны по внешнему виду и внутреннему строению, принадлежат к одному семейству, но они разные по строению и по образу жизни.

Ноги зайца в пропорции к телу длиннее ног кролика. Длина задних конечностей значительно превышает длину передних. Поэтому заяц хорошо бегаёт. На своих длинных, сильных ногах заяц кратковременно разгоняется до 70 км/час.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Охотник без границ. Питерский охотник. Статья: <https://piterhunt.ru/f/threads/62186/>
2. К. А. Григорьева, Е. В. Мухачев, статья: Особенности репродукции зайца-беляка *lepus timidus* при содержании в условиях неволи. Адрес: <https://domzaytsa.ru/2024/особенности-репродукции-зайца-беляк/>

Определение сапробности питьевой воды и воды из водоёмов города Барнаула

Матвеева Ксения Александровна, учащаяся 9-го класса
МБОУ Гимназия № 123 г. Барнаула

Шмер Данил Андреевич, учащийся 11-го класса
Воронихинская СШ филиал МКОУ «Беловская СОШ» (г. Барнаул)

Третьякевич Василиса Александровна, учащаяся 9-го класса
МБОУ СОШ № 125 г. Барнаула

Научный руководитель: Панкратов Сергей Юрьевич, лаборант-исследователь
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

В статье рассматривается анализ водопроводной и питьевой воды, а также степень сапробности водоемов города Барнаула, выявлены закономерности увеличения сапробности и влияние антропогенной нагрузки на этот показатель.

Ключевые слова: сапробность водоемов, общее микробное число, колониеобразующие единицы, посев методом разведения, город Барнаул.

Вода представляет собой естественную среду для существования микроорганизмов, хотя не для всех, но для значительного числа из них (Яковлев, 2007). В этом элементе микроорганизмы могут выполнять все

необходимые процессы жизнедеятельности, включая разложение различных органических соединений. Состав микробиоты в различных водных экосистемах различается по количеству и качеству, демонстрируя замет-

ное разнообразие. В водоемах открытого типа обитают различные формы жизни, такие как палочковидные и кокковые бактерии, вибрионы, спириллы, спирохеты, фотосинтетические бактерии, грибы, вирусы, плазмиды, а также простейшие. Численность микроорганизмов в воде в основном зависит от содержания органических веществ. Многие из этих организмов успешно размножаются в водной среде, и их концентрация может достигать миллионов на один миллилитр (Тихоплав, Тихоплав, 2007).

Цель работы: Определить степень сапробности питьевой воды и воды из водоёмов г. Барнаул.

Задачи исследования:

1. Сделать отбор пробы воды питьевой из крана, кулера и бутилированной воды, а также из водоемов (стоячий водоем, затон, озеро парка Изумрудный) по всем правилам для бактериологического исследования.
2. Произвести посеы отобранных проб в стерильные чашки Петри с расплавленным питательным агаром.
3. Выполнить подсчет выросших на чашках колоний, определить общее микробное число и выразить результат в колоний-образующих единицах.

Материалы и методы: отбор проб осуществляли в соответствии с правилами отбора проб из различных источников водопроводная вода, бутилированная вода (бутылка, кулер) и вода из открытых источников (стоячий водоем, затон, озеро парка Изумрудный) (СанПиН 2.1.4.1074–01, 2003). Пробы и их номера: № 1 — Кран (АлтГУ 122л), № 2 — Бутылка (бутилированная вода), № 3 — Кулер (АлтГУ 219 каб.), № 4 — Болото (стоячий водоем,

правый берег Оби), № 5 — Городской муниципальный пляж «Затон», № 6 — Водопроводная вода (городской муниципальный пляж), № 7 — Пруд (парк «Изумрудный»). Питательную среду готовили в расчете 8,5 г питательного агара, 2 г триптона на 250 мл дистиллированной воды, при помощи автоклава. Среду разливали по чашкам Петри в Ламинарном боксе БАВнп-01-Ламинар-С-1,2. Посев воды осуществляли в ламинарном боксе БАВнп-01-Ламинар-С-1,2., после посева водопроводной и питьевой воды отправляли чашки в термостат при $t=30^{\circ}\text{C}$ на 24 ч. (Санитарно-микробиологический анализ..., 2010) для воды открытых водоёмов отправляли чашки в термостат при $t=30^{\circ}\text{C}$ на 72 ч. Посев водопроводной и питьевой воды производили на чашки Петри без разведения в количестве 50 мкл на одну чашку. Посев воды из открытых водоемов осуществляли аналогично, но ещё и с разведениями (1/10, 1/100, 1/1000). Количество колоний в чашках Петри подсчитывали с интервалом через 24 часа, 48 часов и 72 часа после посева. Результаты исследований заносили в таблицу. Подсчет общего микробного числа осуществляли по формуле: $\text{ОМЧ}=\text{K}*\text{P}/\text{V}$, где K — количество колоний на чашке Петри, P — фактор разведения, V — объём, задаваемый на чашку (Вечернина, 2007). Подсчет колониеобразующих единиц производили по формуле: $\text{N}=\text{C}:(\text{n1} + \text{n2} + \text{n3} \times 0,1) \times \text{d}$, где C — сумма подсчитанных колоний на всех чашках, n1 — количество чашек в первом разведении, n2 — количество чашек во 2 разведении, n3 — количество чашек в 3 разведении, d — коэффициент 1 разведения, 0, 1 — коэффициент, учитывающий кратность 1, 2 и 3 разведения (Возная, 1979).

Результаты

1. Вода водопроводная и питьевая.

Таблица 1. Количество колоний микроорганизмов водопроводной и питьевой воды (24 ч)

| 24 ч | Тест 1 | Тест 2 | Среднее значение |
|-----------------|--------|--------|------------------|
| Кран № 1 | 0 | 1 | 0,5 |
| Бутылка № 2 | 0 | 3 | 1,5 |
| Кулер № 3 | 96 | 38 | 67 |
| Другой кран № 6 | 0 | 0 | 0 |

В результате наших исследований оказалось, что наибольшее количество колоний оказалось в кулере (67 колоний), далее вода из бутылки (1,5 колоний), и наименьшее количество бактериальных колоний оказалось в воде из-под крана АлтГУ (0,5 колоний) и крана возле пляжа (0 колоний).

Общее микробное число: № 1–10, № 2–30, № 3–1340, № 6–0.

Самая чистая вода оказалась в кранах образцы № 1 и № 6, поскольку водопроводную воду хлорируют на очистных станциях. Самая грязная по ОМЧ оказалась вода из кулера, поскольку помпу необходимо обрабатывать и чистить раз в 3 месяца. Бутилированная вода содержала небольшое количество микроорганизмов.

2. Вода из водоёмов:

Таблица 2. Количество колоний микроорганизмов воды из водоёмов (72 ч).

| 72 ч | с разведением | | | | | | | | | без разведения | | | |
|------|---------------|-----|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| | 1/10 | | | 1/100 | | | 1/1000 | | | Т1 | Т2 | Т3 | Т4 |
| | Т* 1 | Т2 | Т3 | Т1 | Т2 | Т3 | Т1 | Т2 | Т3 | | | | |
| № 4 | 129 | 176 | 235 | 129 | 276 | 308 | 72 | 201 | 223 | 63 | 38 | 22 | 12 |
| № 5 | 298 | 273 | 78 | 298 | 273 | 249 | 234 | 258 | 166 | 234 | 187 | 476 | 642 |
| № 7 | 180 | 156 | 243 | 180 | 156 | 325 | 141 | 132 | 249 | 42 | 56 | 35 | 62 |

* — тест

По итогам вычислений: ОМЧ № 4–520, № 5–5680, № 7–940; КОЕ (1 мл): № 4–1702, № 5–1095, № 7–1815.

На основе данных таблицы и расчета ОМЧ и КОЕ, можно сказать, что источник № 4 является самым чистым, так как он относится к естественным водоемам без антропогенной нагрузки, № 5 является грязным источником по ОМЧ, в связи с постоянным пребыванием на этом объекте человека, № 7 — является лидером по КОЕ, поскольку объект является искусственным открытым водоемом, располагающимся внутри города.

Выводы: По результатам наших исследований оказалось, что вода в водоеме без антропогенной нагрузки является более чистой в отличие от тех, которые ей подвергаются. В случае с питьевой водой самой чистой оказалась та, которую хлорируют на очистных станциях, а самой загрязнённой оказалась вода из кулера поскольку она проходит через помпу, которую необходимо чистить и обрабатывать не реже чем раз в 3 месяца.

Благодарности

Исследования проведены на базе Алтайского государственного университета в ходе школьного научного лагеря BioCamp.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тихоплав, В. Ю., Тихоплав Т. С. Вода ключ к здоровью человека. — Москва: Астрель, 2007–160 с.
2. Яковлев, П. И. Беззащитная вода / Экология и жизнь, 2007. — № 8. — с. 60–61.
3. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды» Минздрав России / Москва, 2003
4. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. Методические указания МУК 4.2.1018–01
5. Возная, Н. Ф. В64 Химия воды и микробиология: Учебное пособие для вузов / Москва: Высшая школа, 1979. — 340 с.
6. Вечернина, Н. А. Практикум по микробиологии (учебное пособие) / Н. А. Вечернина — Барнаул: Издательство Алтайского университета, 2007.

Сортовая жимолость на Урале как источник высоковитаминных продуктов питания

Садыков Амир Ильнурович, учащийся 9-го класса

МАОУ Гимназия № 116 г. Екатеринбурга

Научный руководитель: Киселёва Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург)

Научный руководитель: Савина Анастасия Олеговна, магистр

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В статье автор исследует биохимический состав функциональных продуктов на основе плодов сортовой жимолости, выращенной на Среднем Урале.

Ключевые слова: жимолость, авитаминоз, витамины, функциональный продукт.

У большей части населения России наблюдаются авитаминозы разной степени. В большинстве случаев, это гиповитаминозы, особенно у лиц пожилого возраста, беременных кормящих, больных с патологией ЖКТ, детей и людей с тяжелой физической нагрузкой, у детей частота авитаминоза, при которой наблюдается недостаток трех и более витаминов составляет от 70 % до 80 % [11, 13]. Авитаминозы возникают в результате несбалансированного рациона питания. Для обеспечения потребности витаминами и лечения авитаминозов у граждан Российской Федерации необходимо добавлять их в рацион свежие фрукты, овощи, зелень, полезные продукты животного происхождения, а также,

например, специальные питательные добавки — премиксы. Для выполнения этой задачи можно использовать растительное сырье и функциональные продукты на его основе, которые приносят пользу при условии качественного производства и правильного употребления [10].

В пище растительного происхождения содержатся такие витамины как: витамин D, витамин E, витамин A, биофлавоноиды (витамин P), а также витамины группы B. Одним из доступных способов уменьшить количество авитаминозов на Урале стало появление и массовое внедрение в любительское садоводство высоковитаминных культур [1]. Достижения селекции на Урале позволяют использовать биологические ресурсы

растений для профилактики авитаминозов у местного населения.

В России самое большое сортовое разнообразие жимолости, многие отечественные сорта востребованы за рубежом [4]. Жимолость является одной из самых устойчивых культур для Нечерноземной полосы и северных регионов, это нетребовательное растение способно ежегодно и обильно плодоносить при минимальном уходе со стороны человека [5, 9]. Биохимический состав плодов жимолости разнообразен, однако при получении функциональных продуктов на ее основе, происходит деградация части витаминов [2]. Цель работы — исследование состава витаминов в функциональных продуктах на основе жимолости.

Биологически активные вещества жимолости

Жимолость синяя (*Lonicera caerulea* s. l.) привлекает исключительной пищевой и лекарственной ценностью [5]. В плодах жимолости содержится много макро- и микроэлементов. Жимолость занимает первое место

среди дикорастущих ягодников по содержанию магния и натрия (21,7 и 35,2 мг на 100 г сырой массы плодов соответственно), калия (70,3 мг на 100 г сырой массы), значительное количество фосфора, кальция и железа, найдены марганец (3,12 мг/кг), медь (0,064 мг/кг), кремний (0,084 мг/кг), йод (0,929 мг/кг) в сырых ягодах, а также алюминий, стронций и барий [5]. По содержанию йода жимолость уступает только клубнике, лесной землянике, черной смородине, малине, морознике и ежевике [15]. Процентное содержание сухих веществ на сырую массу составляет: 11,6–14,7 %, сахаров 2,9–5,2 % и 1,1–1,45 % пектиновых веществ. Количество кислот и сахаров в жимолости зависит от степени зрелости плодов, по мере созревания растёт содержание сахаров [3].

Биохимический состав ее плодов характеризуется разнообразием витаминов (табл.1) согласно литературным данным. Содержание витаминов зависит от климатических условий, сорта.

Таблица 1. Биохимический состав плодов жимолости

| Исследуемые вещества | Диапазон варьирования | Источники |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------|
| Витамин С | 22,7–27,4 мг/100г | [6] |
| | 114,5–147,8 мг/100г | [1] |
| | 45,6–299 мг/100г | [12] |
| Вещества с Р-витаминной активностью | 1035–1956 мг/100г | [6] |
| | 483,2–1576,9 мг/100г | [8] |
| | 187–961 мг/100г | [9] |

Жимолость может являться хорошим источником витамина Р [1, 3, 6, 7]. Наличие витамина С также важно, поскольку витамины Р и С усиливают действие друг друга, совместно находясь в пищевом продукте. Также присутствуют витамины: А (0,05–0,32 мг %), В1 (0,8–3,8 мг %), В2 (2,5–3,8 мг %), В9 (7,2–10 мг %) [8].

Материалы и методы

Исследования проводили в Агролаборатории им. С. С. Шварца Фонда «Золотое сечение». Для получения функциональных продуктов использовались плоды сортов жимолости, выращенных на Урале, на территории Свердловской селекционной станции садоводства в коллекции плодово-ягодных растений: Волхова, Славянка. Все перечисленные сорта рекомендованы для выращивания в Уральском регионе, а также Волго-Вятском регионе, куда относится Екатеринбург и часть Свердловской области [4]. Плоды собирали в период созревания и сразу подвергали заморозке, хранились при температуре

-16°С. Изучение биохимических показателей проводили согласно общепринятым методикам: количественное содержание аскорбиновой кислоты определяли с использованием раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола (ДИФ) [14]; определение суммы антоциановых пигментов проводили спектрофотометрически [16]. Вычисляли среднее значение и среднее квадратическое отклонение.

Для изготовления функциональных продуктов были использованы замороженные ягоды. После размораживания ягоды были взвешены (Волхова (772 г, Славянка 362 г), измельчены вместе при помощи блендера (рис. 1). Полученную массу поместили в кастрюлю и нагрели до 60°, затем оставили на 30 мин. После охлаждения профильтровали через марлю (в 3 слоя) для получения сока жимолости. Полученный сок разлили по банкам, закрыли крышкой и стерилизовали в автоклаве при температуре 120 °С, давлении 2 атм.



Рис. 1. Отбор и измельчение ягод жимолости

В дальнейшем сок жимолости использовался для изготовления сиропа по следующему алгоритму. К 500 г сахара добавили 100 мл дистиллированной воды, варили сироп сначала при 120 °С в течении 20 мин, а потом при 80 °С в течении 10 мин. Затем, тонкой струйкой, постоянно перемешивая, вливали в сахарный сироп 250 мл сока жимолости. После этого полученный сироп разлили по

банкам закрыли крышками и автоклавировали при температуре 120°С, давлении 2 атм.

Итак, на основе плодов жимолости были изготовлены функциональные продукты — сок и сироп (рис. 2 А, Б). Дневная потребность в витамине С и Р обсуждалась согласно Национальной программе по оптимизации обеспеченности витаминами и минеральными веществами детей России [13].



Рис. 2. Функциональные продукты на основе жимолости: А — сок, Б — сироп

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных нами биохимических исследований замороженных плодов жимолости, которые вошли в состав сока и сиропа, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Содержание витаминов в исходном сырье

| Сорта | Витамин С, мг % | Витамин Р, мг % |
|----------|-----------------|-----------------|
| Волхова | 29,43 ± 4,6 | 268,9 ± 0,024 |
| Славянка | 54,61 ± 3,5 | 121,1 ± 0,006 |

Интересно, что по содержанию витаминов С и Р сорта варьируют, но диапазон сопоставим с ранее опубликованными данными других исследователей. Содержание аскорбиновой кислоты практически в 2 раза ниже у сорта Волхова по сравнению с сортом Славянка. А по содержанию витамина Р — наоборот: сорт Волхова более, чем в 2 раза превосходит сорт Славянка.

Таким образом, исследованное сырье (замороженные плоды) могут являться источником витаминов С и Р. Их одновременное присутствие представляет собой ценность с точки зрения питания. Размороженные ягоды можно употреблять, например, для профилактики авитаминозов по обоим витаминам.

Измерение содержания витаминов в изготовленном соке и сиропе дали интересные результаты. Среднее содержание витамина Р в соке составило 344 ± 5.53 мг %. При данном содержании, начиная с 14 лет требуется применение

чуть более 2 чайных ложек сока в день. Содержание витамина Р в сиропе составило $14,3 \pm 0,13$ мг %. При данном содержании биофлавоноидов для удовлетворения дневной потребности человека нецелесообразно использовать сироп, так как при достижении необходимой суточной нормы, будет превышена норма потребления сахара в день.

Сок и сироп подвергаются в процессе консервации глубокой термической обработке, что приводит к разрушению в их составе витамина С, поэтому мы не проверяли присутствие аскорбиновой кислоты в этих продуктах. Замороженные ягоды также являются функциональными продуктами на основе жимолости, их можно использовать также в качестве источника витамина С, поскольку при охлаждении аскорбиновая кислота разрушается не так быстро, как при нагревании.

Хочется отметить, что проект по определению витаминов в жимолости, возделываемой на Урале, можно про-

должать и дальше, исследуя не только витаминный состав плодов жимолости, но и их минеральный состав для большего понимания и представления пользы для организма человека. Также можно продолжать разработки функциональных многоцелевых лечебных пищевых продуктов на основе данного плодово-ягодного сырья для лечения авитаминозов и для укрепления общего здоровья организма.

Выводы

1. Замороженные плоды жимолости — поливитаминный вид пищевого сырья, который может быть использован для профилактики и лечения

авитаминозов, связанных с недостатком витаминов С и Р.

2. С точки зрения употребления и пользы, сироп из ягод жимолости использовать нецелесообразно. Сок имеет более высокую концентрацию витамина Р, чем замороженные плоды.
3. Для лечения авитаминозов исследованные сорта жимолости оказались одинаково полезными. Для восполнения недостатка витаминов можно использовать замороженное сырье этих сортов круглый год.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдуллина, Р. Г., Пупыкина К. А., Баламетова Р. Г. Биохимический состав плодов *Lonicera caerulea* L. и ее подвидов при интродукции в условиях Башкирского Предуралья // *Химия растительного сырья*. 2022. № 3. с. 195–202.
2. Богатырев, А. Н., Степанова Н. Ю. Технологическая оценка разных сортов жимолости для замораживания и сушки // *Пищевая промышленность*. 2016. № 3. с. 44–47.
3. Бочарова, Т. Е. Биохимическая оценка продуктов переработки жимолости различных сортов // *Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения: материалы Всероссийской научно-методической конференции молодых ученых, Орел, 02–05 июля 2007 года*. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2007. с. 317–321.
4. Государственная Комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Электронный ресурс] // URL: <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (дата обращения: 7.12.2023)
5. Ершова, И. В. Содержание биологически активных фенольных соединений в сибирских плодах и ягодах // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30, № 9. с. 44–47.
6. Колесниченко, М. Н., Козубаева Л. А. Химический состав и применение плодов жимолости // *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Барнаул, 29 ноября 2013 год*. Барнаул: АлтГТУ, 2013. с. 20.
7. Накопление фенольных соединений в плодах новых интродуцированных сортов жимолости съедобной / Ж. А. Рупасова, К. А. Добрянская, Д. О. Сулим [и др.] // *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2023. № 1. с. 81–89.
8. Перова, И. Б., Эллер К. И., Герасимов М. А., Батурина В. А., Акимов М. Ю., Акимова О. М., Миронов А. М., Кольцов В. А. Исследование комплекса биологически активных веществ в плодах перспективных сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.) // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023, № 184(1). с. 53–69.
9. Содержание биологически активных фенольных соединений в плодах *Lonicera caerulea* L. различного происхождения в условиях лесостепи Приобья / И. Г. Боярских, Ю. В. Юшкова, Е. И. Черняк, С. В. Морозов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2011. № 3(77). с. 39–45.
10. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции (с изменениями на 25 ноября 2022 года) [Электронный ресурс] // URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 7.12.2023)
11. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [Электронный ресурс] // https://12.rospotrebnadzor.ru/en/directions/saninspection/food_quality/-/asset_publisher/Ep0i/content/витамины-р-или-начинаем-знакомство-с-флавоноидами (дата обращения: 7.12.2023)
12. Чепелева, Г. Г., Тимошин А. В. Потребительские и физико-химические характеристики различных видов жимолости // *Химия растительного сырья*. 2007. № 4. с. 125–126.
13. Коденцова, В. М., Намазова-Баранова Л. С., Макарова С. Г. Национальная программа по оптимизации обеспеченности витаминами и минеральными веществами детей России. Краткий обзор документа // *Педиатрическая фармакология*, 2017. № 14 (6). с. 478–493.
14. Чупахина, Г. Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений. Практикум 2000 // *Количественное определение аскорбиновой кислоты* с. 10–12.
15. Сорокопудов, Н. В. Лекарственные семечковые растения в России // *Материалы совещания*. Екатеринбург: Свердловская ССС УрФАНИЦ УрО РАН, 11.04.2024 г. 6 с.
16. Чупахина, Г. Н., Масленников П. В. Методы анализа витаминов: практикум. Калининград, 2004 // *Спектрофотометрическое определение суммы антоциановых пигментов* с. 20–21.

Биохимический анализ фруктов и овощей

Суслова Ксения Владимировна, учащаяся 8-го класса
МБОУ Гимназия № 123 г. Барнаула

Дорофеева Полина Александровна, учащаяся 7-го класса
МАОУ «СОШ № 135» г. Барнаула

Матанцев Артур Валерьевич, учащийся 8-го класса
МБОУ «Лицей № 3» г. Барнаула

Болтенкова Анна Кирилловна, учащаяся 10-го класса
МБОУ Гимназия № 122 г. Барнаула

Научный руководитель: Зайков Владимир Федорович, младший научный сотрудник
Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

Ключевые слова: нитраты, витамин С, фруктовые кислоты, качество фруктов и овощей.

Введение

Фрукты и продукты, произведённые из них, являются важной частью нашего рациона, а также имеют значительное коммерческое значение. Потребители в магазинах при покупке и выборе продукта в первую очередь обращают внимание на цвет, форму, размер. Однако последующие покупки фруктов именно от этого производителя зависят также и от вкусовых качеств. Фрукты являются богатым источником витаминов, минералов и других необходимых питательных веществ [1]. Среди важных показателей можно также выделить содержание органических кислот и витамина С.

Органические кислоты — группа биологически активных веществ (БАВ). Большое количество различных органических кислот присутствует в мясистых частях всех фруктов, но их содержание может сильно различаться как между фруктами разных видов, так и их сортами (Walker, Famiani, 2018).

Органические кислоты влияют на вкусовые качества фруктов и играют важную роль в регулировании осмотического давления, гомеостаза pH, устойчивости к стрессу и органолептических качеств фруктов [2, 3]. Преобладающими органическими кислотами в плодах являются лимонная и яблочная кислоты [4, 5, 6, 7].

Для нормального поддержания жизнедеятельности организма человека так же необходимы витамины. Из-за мутации в гене, кодирующем фермент L-гулонолактоноксидазу, человек и другие приматы, морские свинки и летучие мыши, питающиеся фруктами, утратили способность синтезировать витамин С [8]. В связи с чем поступать в организм человека данный витамин должен извне. Роль витамина С для человека трудно переоценить, среди его особенностей можно выделить то, что он является антиоксидантом, принимает участие в деятельности иммунной системы, в образовании эритроцитов, а также в синтезе коллагена и др. Некоторые исследования показывают, что витамин С принимает участие более чем в

300 биологических процессах, происходящих в организме [9, 10].

Как уже было показано, овощи являются богатым источником минералов, витаминов и углеводов, а также других полезных непитательных веществ [11, 12]. Из-за растущего населения Земли остро встает проблема обеспечения продовольствием населения планеты. Для ее решения аграрный сектор использует более интенсивную агротехнику и интенсивное применения удобрений, которые являются основным источником нитратов. Нитраты поглощаются корнями растения и транспортируется в надземные органы. Хотя накопление нитратов различается у разных видов, некоторые семейства известны как накопители нитратов (руккола, редис, свекла, шпинат, амарант, салат, сельдерей и петрушка).

Хотя сам нитрат не ядовит для человека, его метаболиты, нитриты и их реактивные промежуточные продукты азота могут быть вредны для здоровья человека. Нитраты благотворно влияют на развитие патогенной микрофлоры. Установлено, что нитраты могут способствовать возникновению раковых опухолей в ЖКТ у человека [13, 14].

Исходя из вышесказанного актуальность определяется необходимостью в анализе наиболее популярных овощей и фруктов на соответствие их качеству.

Цель исследования: провести биохимический анализ ряда популярных фруктов и овощей, купленных в общедоступных магазинах.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

- 1) Проанализировать имеющиеся источники информации по теме исследования.
- 2) Определить содержание нитратов в исследуемых образцах.
- 3) Определить содержание органических кислот.
- 4) Определить содержание витамина С.

Материалы и методы

Материалами послужили фрукты, ягоды и овощи — мандарин, яблоки двух сортов, виноград, шиповник, груша, лимон, слива, грейпфрут. Определение нитратов также определяли в малине, дыне, петрушке, укропе, моркови, свекле, луке зеленом, картофеле.

Содержание нитратов определяли с помощью раствора дифениламина в крепкой серной кислоте [15]. Для этого брали навеску исследуемого материала, измельчали и обливали раствором. Содержание нитратов определяли по интенсивности окрашивания в синий цвет.

Определение содержания органических кислот проводили по методике, предложенной А. И. Ермаковым и В. В. Арасимовичем в 1972 году [16].

Навеску пробы массой 10 г измельчили, перенесли в колбу. Долили дистиллированную воду до 100 мл. Нагрели около 5–7 минут на водяной бане (80°C). Отфильтровали содержимое в отдельную коническую колбу с помощью бумажного фильтра. К 5 мл отфильтрованного раствора добавляли несколько капель индикатора фенолфталеина. Титровали 0,1 Н гидроксидом натрия до появления светло-розового цвета раствора. Титруемую кислотность определяли по формуле:

$$X = \frac{V * K * C * V_1 * 100}{g * V_2}$$

где, V — объем щелочи, использованной на титрование, мл;

K — коэффициент нормальности раствора гидроксида натрия;

C — коэффициент пересчета на преобладающую кислоту;

V₁ — объем колбы с вытяжкой;

g — навеска вещества;

V₂ — объем вытяжки, взятый для титрования.

Определение содержания витамина С проводили титриметрическим методом [17]. Для этого 5 г исследуемого материала взвесили, добавили 4 мл 2 % соляной кислоты и растерли. Перенесли в мерную колбу на 50 мл. Довели до метки дистиллированной водой. Полученную смесь оставили на 5–10 минут. Содержимое колбы перемешали и фильтровали через бумажный фильтр. Перенесли 5 мл фильтрата в коническую колбу. Добавили 4 мл 2 % соляной кислоты. Титровали 2,6-дихлорфенолиндофенолом до появления розового окрашивания, не исчезающего около 30 с. Содержание витамина С определяли по формуле:

$$X = \frac{0,088 * A * B * 100}{B * \Gamma}$$

X — содержание аскорбиновой кислоты в миллиграмм-процентах, мг %;

A — количество 2,6-дихлорфенолиндофенола, пошедшего на титрование (мл);

B — общий объем вытяжки (мл);

V — количество вещества, взятое для анализа (г);

Г — объем вытяжки взятой для титрования (мл).

Результаты и обсуждение

Определение содержания нитратов (Таблица 1). Согласно полученным данным превышение допустимых норм нитратов было обнаружено в петрушке, укропе (черешок), свекле, дыне. Незначительное превышение было обнаружено в моркови и зеленом луке. В большом количестве нитраты накапливаются в зелени и корнеплодах, а в фруктах и ягодах их значения незначительны.

Таблица 1. Содержание нитратов в исследуемых образцах

| Объект | Содержание нитратов (мг/кг) | Допустимая норма нитратов (мг/кг) |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Виноград (зелёный) | 0 | 60 |
| Слива | 50 | 60 |
| Петрушка (листья) | 3000 | 2000 |
| Петрушка (черешок) | > 3000 | 2000 |
| Баклажан | 250 | 300 |
| Редис | 500 | 1500 |
| Лук зелёный | 1000 | 600 |
| Картошка | 500 | 250 |
| Укроп (черешок) | > 3000 | 2000 |
| Укроп (листья) | 1000 | 2000 |
| Малина | 0 | 60 |
| Лимон | 0 | 60 |
| Яблоко | 50 | 60 |
| дыня | 250 | 90 |
| Морковь | 150 | 250 |
| Груша | 0 | 60 |
| Перец | 0 | 200 |
| Свёкла | 3000 | 1400 |

Определение содержания органических кислот.

Исходя из полученных данных (Таблица 2) можно отметить, что в большинстве взятых для анализа продуктов показатель содержания органических кислот (ОК) ниже средних норм. Это может быть связано с зрелостью объектов, т. к. в процессе созревания процент кислотности уменьшается. Наибольшее значение органических кислот было обнаружено в лимоне. Наименьшее же значение было в груше.

Исходя из полученных данных (Таблица 2) можно отметить, что в большинстве взятых для анализа продуктов показатель содержания органических кислот (ОК) ниже средних норм. Это может быть связано с зрелостью объектов, т. к. в процессе созревания процент кислотности уменьшается. Наибольшее значение органических кислот было обнаружено в лимоне. Наименьшее же значение было в груше.

Таблица 2. Содержание органических кислот в исследуемых образцах

| Объект | Содержание ОК (%) | Содержание ОК (%) (по Скурихина, Тутельяна [18]) |
|----------------|-------------------|--|
| Мандарин | 0,448 | 1,1 |
| Яблоко (красн) | 0,469 | 0,8 |
| Яблоко (зел) | 0,536 | 0,8 |
| Груша | 0,201 | 0,5 |
| Лимон | 4,288 | 5,7 |
| Слива | 2,948 | 1 |
| Грейпфрут | 1,088 | 1,5 |
| Виноград | 0,525 | 0,8 |
| Красный перец | 0,335 | 0,1 |

Определение содержания витамина С

Метод основан на способности аскорбиновой кислоты восстанавливать 2,6-дихлорфенолиндофенол, которым титруют исследуемый раствор в кислой среде, предохраняющей аскорбиновую кислоту от разрушения. Согласно полученным данным (Таблица 3) в пределах нормы содержания витамина С в следующих продуктах:

грейпфрут, яблоко зеленое, клубника. Незначительное снижение витамина С наблюдается у шиповника, мандарина, яблока красного, сливы. Превышение средних норм витамина С обнаружено у груши, винограда. Наибольшее значение витамина С отмечено у шиповника, красного перца, клубники и грейпфрута. Наименьшее значение у сливы и винограда.

Таблица 3. Содержание витамина С в исследуемых объектах

| Объект | Содержание витамина С (мг %) | Содержание витамина С (мг %) (по Скурихина, Тутельяна [18]) |
|----------------------------|------------------------------|---|
| Грейпфрут | 45,8 | 45 |
| Лимон | 29,92 | 40 |
| Красный перец | 126,72 | 200 |
| Яблоко (зел) | 10,56 | 10 |
| Мандарин | 26,4 | 38 |
| Яблоко (красн) | 8,272 | 10 |
| Слива (узбекская) | 7,04 | 10 |
| Виноград | 7,92 | 6 |
| Груша | 10,56 | 5 |
| Клубника | 59,84 | 60 |
| Шиповник(низко витаминный) | 308 | 650 |

Выводы

Исследование наиболее популярных для употребления человеком фруктов овощей и зелени на предмет содержания нитратов показало превышение допустимых норм в следующих продуктах: петрушка, укроп (черешок), свёкла, дыня. Наибольшее содержание нитратов характерно для корнеплодов и зелени.

Исследование содержания органических кислот во фруктах и овощах показало незначительное снижение этого показателя относительно средних. Наибольшее

значение характерно для лимона (4,288 %), наименьшее значение у груши (0,201 %).

Определение содержания витамина С показало соответствие результатов нормам у грейпфрута, яблока зеленого, клубники, винограда и груши. Наибольшее содержание витамина С у шиповника (308 мг %), наименьшее у сливы (7,04 мг %).

Благодарности

Исследование проведено на базе Алтайского государственного университета в ходе школьного научного лагеря BioCamp.

ЛИТЕРАТУРА:

- Magwaza, L. S., Opara, U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products — A review // *Scientia Horticulturae*, 2015. — V. 184. — P. 179–192.
- Harker, F. R., Marsh, K. B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., Walker, S. B. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit // *Postharvest Biol. Tec.*, 2002. — V. 24. — P. 241–250.
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbeguie, A., Mbéguie, D., Bugaud, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells // *J. Exp. Bot.*, 2013. — V. 64. — P. 1451–1469.
- Perdok, H., Langhout, P., Vugt, P. V. Stimulating appetite // *Feed Mix*, 2003. — V. 11. — P. 10–13.

5. Colaric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M., Stampar, F. Phenolic acids, syringaldehyde, and juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L. // *J. Agric. Food Chem.*, 2005. — V. 53. — P. 6390–6396.
6. Osorio, S., Fernie, A. R. Biochemistry of fruit ripening // *Mol. Biol. Biochem. Fruit. Ripening*, 2013. — V.1. — P. 1–20.
7. Huang, X.-Y., Wang, C.-K., Zhao, Y.-W., Sun, C.-H., Hu, D.-G. Mechanisms and regulation of organic acid accumulation in plant vacuoles // *Horticulture Research*, 2021. — V. 8. — P. 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00702-z>
8. Raman, S., Sehrawat, A., Upadhyay, R., Singh, S., Verma, A., Jain, A. S., Raizada, K. P., Siddhu, A., Aggarwal, A. 2023. Different Methods Used for Determination of Vitamin C: // *J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 2023. — V. 12. — № 9. — P. 56–66. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1209.006>
9. Шаповал, О. Н. Витамины и минералы — высокое качество жизни // *Провизор*, 2006. — № 3. — С. 7–10.
10. Каталова, Е. А., Пензина, Т. Н. Источники витамина С // *SCIENTIST*, 2018. — № 1. — С. 16–18.
11. Pennington, J. A. T., Fisher, R. A. Food component profiles for fruit and vegetable subgroups // *J. Food Compost. Anal.*, 2010. — № 23. — P. 411–418
12. Septembre-Malaterre, A., Remize, R., Poucheret, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation // *Food Res. Int.*, 2018. — № 104. — P. 86–99.
13. Santamaria, P. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation // *J. Sci. Food Agric*, 2006. — № 86. — P. 10–17.
14. Ma, L., Hu, L., Feng, X., Wang, S. Nitrate and Nitrite in Health and Disease // *Aging Dis.* 2018. — № 9. — P. 938–945.
15. Бородулина, И. Д. Практикум по физиологии растений: учебное пособие / И. Д. Бородулина, Н. А. Вечерина. — Барнаул: из-во Алт. ун-та, 2010. — 126 с.
16. Ермаков, А.И., Арасимович В. В. Методы биохимического исследования растений. — Л.: Колос, 1972. — 259 с.
17. Шарлаева, Е.А., Вистовская В. П. Биохимия. Малый практикум: Учебное пособие. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2015. — 180 с.
18. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 236 с.

Перспективы использования косметического и природного муцина на коже человека

Тихонов Денис Юрьевич, учащийся

Научный руководитель: *Штефанская Юлия Владимировна, учитель начальных классов*
 МАОУ СОШ № 34 имени Н. К. Божененко г. Новороссийска

Муцин улитки — это гелеобразное вещество, которое улитка производит для того, чтобы легче скользить по поверхностям. Оно работает как защитное средство: если улитка поранилась об ветки, камни или острые предметы, которые встречаются на её пути, слизь помогает ей быстрее восстановиться, активизируя регенеративные процессы.

Ученые провели ряд наблюдений и исследований, которые выявили, что муцин улитки состоит из целебных компонентов, которые питают, увлажняют, лечат и омолаживают кожу.

В настоящее время одним из самых перспективных направлений в уходовой косметике для кожи лица и тела является создание препаратов на основе биологически активных веществ природного происхождения. Муцин улиток нашёл своё применение в косметологии, где он используется благодаря своему составу:

- коллаген и эластин,
- аллантоин,
- гликолевая кислота,
- альфагидрокислоты,

— витамины А, С, Е, В6, В12.

На сегодняшний день косметика, в состав которой входит муцин улитки, завоевала большую популярность, такую косметику производят бренды по всему миру. Крем для лица, рук, всевозможные сыворотки, маски, очень востребованы среди покупателей. Так же среди косметологических услуг есть такая, как улиткотерапия.

За основу природного муцина я взял тот муцин, который улитка вырабатывает в природе сама. Изучил такую процедуру, как улиткотерапия, обладает ли данная процедура заявленными полезными свойствами, которые обещают косметологи.

Косметический муцин — это муцин улитки, который прошёл обработку разной степени на специальном оборудовании.

Я решил изучить природный и косметический муцин, есть ли между ними различия и сходства, узнать, насколько каждый из них безопасен и эффективен для кожи человека.

Природный муцин улитки используют косметологи, делая такую процедуру, как улиткотерапия.

Улиткотерапия — это косметическая процедура, которая проводится непосредственно улитками или используется собранная у них «омолаживающая» слизь.

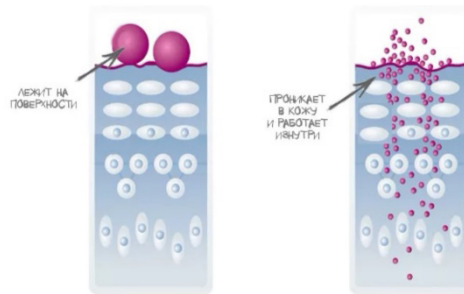


Рис. 1. Правило 500 дальтон

Дальтон — это величина, которую в химии используют для характеристики массы молекулы или молекулярного соединения.

Возьмём, например, коллаген, который входит в состав муцина улитки. Его молекула не может попасть в кожу, масса молекулы коллагена в обычной форме состоит из 30 000 дальтон. Максимум, что он может, так это ложиться на кожу пленкой и удерживать влагу.

Размер молекулы муцина улитки почти 6000 дальтон, а это значит, что молекула муцина не может проникнуть в слой кожи и остаётся на ее поверхности.

Для получения новых знаний о производстве муцина в косметологии я посетил улиточную ферму по про-

изводству муцина улитки. Производители муцина на этой ферме первые в России по производству муцина виноградной улитки. Эта ферма расположена в посёлке Уташ, в Анапском районе — экологически чистом районе Краснодарского края, недалеко от Чёрного моря. На ферме получают секрет улитки с помощью высокотехнологичного современного оборудования. Улитки во время производства не погибают и не страдают. Сначала улиток собирают, обмывают под проточной водой. Затем улиток помещают в специальное оборудование, где производится озонация (рис. 2).



Рис. 2. Озонация улиток

После проведения озонации улиток опрыскивают лимонным соком, создавая тем самым стресс для моллюсков. Улитка начинает вырабатывать тот самый ценный муцин для кожи человека.

На ферме муцин собирают двумя способами: с помощью специального оборудования, либо вручную (рис. 3).

Полученный муцин замораживается, после заморозки муцин высушивают в специальном оборудовании (Рис. 4). И после сушки происходит заключительный этап в производстве муцина.

Высушенный муцин перемалывают в порошок. Полученный порошок имеет серый цвет с жёлтым или сиреневым оттенком без запаха (рис. 5).

Для использования муцина на коже человека перед применением полученный порошок 0,01 г (вес равен объёму спичечной головки) надо разбавить очищенной водой комнатной температуры во флакон-распылитель.

Я решил провести эксперимент и узнать, какой проникаемостью обладает природный и косметический муцин улитки.

Получив муцин в чистом виде (природный муцин), я нанёс его на кожу (рис. 6). Муцин природного происхождения имеет вязкую структуру, напоминающую желе.

Спустя некоторое время муцин высох на коже, образовав сухую плёнку. (рис 7.)



Рис. 3. Сбор муцина вручную на улиточной ферме



Рис. 4. Заморозка муцина



Рис. 5. Косметический муцин



Рис. 6. Природный муцин на коже человека

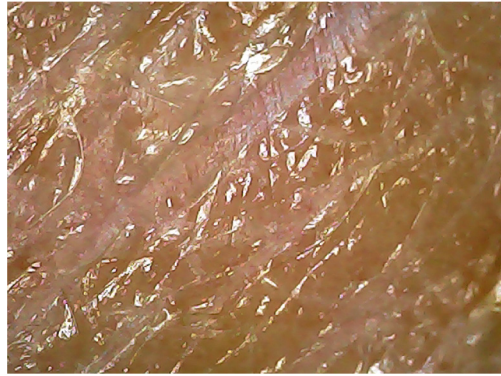


Рис. 7. Непроницаемость природного муцина

В ходе эксперимента я установил, что муцин природного происхождения в чистом виде не проникает в кожу человека. А значит можно сделать вывод, что такая процедура для лица, как улиткотерапия, является бесполезной для кожи человека.

Из изученной информации по дальтонам в косметике я узнал, что масса молекулы воды равна 18 дальтон, а значит, молекула воды с лёгкостью проникает в слои кожи.

Взяв косметический муцин, привезённый с улиточной фермы, по инструкции я разбавил его водой (рис. 8).

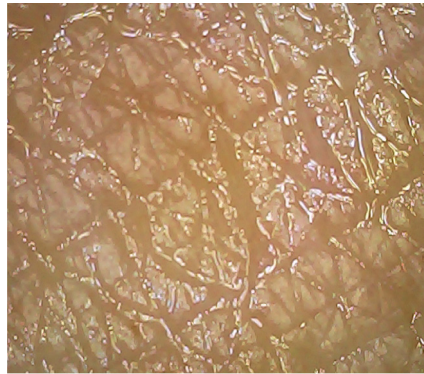


Рис. 8. Разбавленный природный муцин

Спустя время полученное вещество высохло на коже, не оставляя плёнки (рис. 9).



Рис. 9. Проницаемость косметического муцина

Можно сделать вывод, что косметический муцин обладает высокой проникаемостью в кожу человека.

Для изучения муцина улитки природного и косметического происхождения на факт присутствия в них возбудителей условно-патогенной микрофлоры я посетил отдел лабораторно-диагностической деятельности в Ветуправлении города Новороссийска.

С моей улитки рода ахатина был взят соскоб со слизистой оболочки (слизь). Полученная слизь была отправлена на первую экспертизу.

На вторую экспертизу по выявлению возбудителей условно-патогенной микрофлоры я отправил косметический муцин виноградной улитки, привезённый с улиточной фермы. (рис. 11)



Рис. 10. Проведение экспертизы (природный муцин) на факт обнаружения условно-патогенных микроорганизмов



Рис. 11. Проведение экспертизы (косметический муцин) на факт обнаружения условно-патогенных микроорганизмов

По результатам экспертизы природного муцина можно сказать, что в муцине содержатся возбудители условно-патогенной микрофлоры, такие как:

Кишечная палочка (лат. *Escherichia coli*)

Enterococcus faecalis (*Staphylococcus aureus*) Золотистый стафилококк

Косметический муцин, в отличие от природного содержит один возбудитель условно-патогенной микрофлоры.

Staphylococcus intermedius

Тот факт, что в составе муцина улитки содержатся вещества, обладающие высокими преимуществами для кожи, верен в теории. На практике же всё оказалось не так гладко.

Косметический муцин действительно оказывает более положительное воздействие на кожу человека, чем муцин природного происхождения, так как природный муцин не проникает в кожу человека и не может оказать положительное влияние на нее, молекула муцина улитки слишком большая, и она не проникает в слои кожи. По-

сле проведения двух экспертиз делаю вывод, что возбудителей условно патогенной микрофлоры в муцине природного происхождения больше, чем в косметическом. Могу предположить, что обнаруженный возбудитель мог попасть в косметический муцин при его открытии и дальнейшем использовании.

Проведение такой процедуры на коже лица, как улиткотерапия, не рекомендую. После проведения экспертизы я узнал, что природный муцин содержал в себе три возбудителя условно-патогенных микроорганизмов, один из них золотистый стафилококк, который является самым опасным среди всех видов стафилококка. Если на коже лица есть повреждения (язвенно-некротические поражения, воспалительные элементы), то такая процедура, как улиткотерапия, может нанести вред здоровью человека. Также после контакта с моллюском рекомендую мыть руки с мылом.

Всем, кто пользуется уходовыми процедурами с муцином улитки, хочу посоветовать использовать косметический муцин, так как он более безопасен для кожи человека и обладает высокой проницаемостью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданова, Т. Л. Биология: справочник для старшеклассников и поступающих в вузы. / Т. Л. Богданова, Е. А. Солодова. — Аст-пресс школа, 2008. — с. — Текст: непосредственный.

2. Каменский, А. А. Основы биологии / А. А. Каменский, Н. А. Соколова. — 2-е изд. —: Экзамен, 2007. — с. — Текст: непосредственный.
3. Улитка Ахатина содержание и уход в домашних условиях | Все о гигантских Африканских улитках Ахатина. — Текст: электронный // ulitka-ahatina: [сайт]. — URL: <https://ulitka-ahatina.ru/> (дата обращения: 03.09.2024).
4. Ахатина гигантская улитка. — Текст: электронный // Zooclub: [сайт]. — URL: <http://www.zooclub.ru>. (дата обращения 03.10.2023)
5. Муцин улитки что это такое в косметологии — всё об улиточном муцине. — Текст: электронный // Kosmart: [сайт]. — URL: <http://www.kos-mart.ru> (дата обращения 21.10.2023)
6. Правило 500 дальтон для проникновения химических соединений и лекарств через кожу.—Текст: электронный // pubmed: [сайт]. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10839713/> (обращение 23.10.2023)
7. Вода: химические и физические свойства H₂O в природе. — Текст: электронный // Знание.Вики: [сайт]. — URL: <https://znanierussia.ru/articles/Вода> (дата обращения 23.10.2023)
8. Условно-патогенные бактерии: самые важные факты | MedAboutMe. — Текст: электронный // Медицина обо мне: [сайт]. — URL: https://medaboutme.ru/articles/chto_takoe_uslovno_patogennye_bakterii/ (дата обращения 2.11.2023)
9. Тихонов, Д. Ю. Перспективы использования муцина улитки на коже человека / Д. Ю. Тихонов. — Текст: электронный // Старт в науке: [сайт]. — URL: <https://school-science.ru/21/23/56883> (дата обращения: 03.09.2024).

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ



Индивидуальный проект «Автополиватель комнатных растений на аппаратной платформе Arduino»

Григорян Милена Геннадиевна, учащаяся 11-го класса

Научный руководитель: Чадова Елена Геннадиевна, учитель биологии
МБОУ «Средняя образовательная школа № 16 имени И. Ф. Милёхина» г. Калуги

В статье автор описывает реализацию индивидуального проекта. Цель проекта: сохранение комнатных растений от увядания и гибели на продолжительный срок. Данная статья поможет любителям комнатных растений сконструировать и апробировать устройство для автоматического полива растений.

Ключевые слова: комнатные растения, автополиватель, аппаратная платформа Arduino Uno.

Комнатные растения выращивают в домашних условиях в жилых домах и общественных помещениях. Уход за ними состоит в первую очередь в соблюдении определенных условий их содержания, полив — главное из них.

Цель проекта: Сохранение комнатных растений от увядания и гибели на продолжительный срок.

Задачи: 1) Изучить возможности аппаратной платформы Arduino. 2) Сконструировать и апробировать устройство для автоматического полива комнатных растений.

Актуальность. Многие любители домашних растений, отправляясь в командировку, в отпуск или имея сложный рабочий график, переживают о сохранности растений.

Основная часть. Глава I. Теоретическая часть. Как часто нужно поливать цветы для того, чтобы они имели возможность обеспечить активный рост корневой системы и листовенной массе? Растения будут страдать, если корни получают слишком мало воды или слишком много. К сожалению, нет простого ответа на вопрос о том, как часто поливать цветы, но зато есть ряд руководящих принципов. Необходимая частота полива зависит от растения, размера горшка, типа компоста, сезона, условий в помещении и т. д. Лучший способ заключается в том, чтобы узнать, как растение дает понять, когда оно нуждается в поливе. Для этого необходим индикатор влажности почвы. Индикатор влажности почвы особенно полезен для определения необходимости полива в больших контейнерах. Перед тем, как поливать цветы, необходимо определить степень влажности почвы и подготовить воду. Существует множество советов, как правильно поливать цветы, но универсального рецепта в этом деле нет.

Сердцем устройства автополивателя служит Arduino Uno.

Проект Arduino стартовал в Институте дизайна в Италии. В то время студенты использовали микроконтроллер BASIC Stamp, стоимость которого была значительной для многих студентов. В 2003 году Эрнандо Барраган создал платформу для разработки Wiring в качестве проекта магистерской диссертации. Целью проекта было создание простых и недорогих инструментов для создания цифровых проектов не инженерами. В 2003 году Массимо Банци вместе с Дэвидом Меллисом, другим студентом IDII, и Дэвидом Куартъелесом добавили в Wiring поддержку более дешевого микроконтроллера ATmega8. Но вместо того, чтобы продолжить работу над Wiring, они разделили проект и переименовали его в Arduino. Слово «uno» на итальянском языке означает «один» и было выбрано для обозначения первого выпуска программного обеспечения Arduino.

Arduino Uno — это плата микроконтроллера с открытым исходным кодом, основанная на микроконтроллере Microchip ATmega328P и разработанная Arduino.cc. Плата оснащена наборами цифровых и аналоговых контактов ввода, которые могут быть подключены к различным платам расширения и другим схемам. Плата имеет 14 цифровых входов / выходов, 6 аналоговых входов / выходов и программируется с помощью Arduino IDE через USB-кабель типа B. Он может питаться от USB-кабеля или от внешней 9-вольтовой батареи, но принимает напряжения от 7 до 20 вольт.

Программы для Arduino пишутся на обычном C++, дополненным простыми и понятными функциями для управления вводом-выводом на контактах.

Следующая важная часть устройства — это сам язык программирования. C++ (Си++) — компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает разные парадигмы программирования: процедурную, обобщённую, функциональную; наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования.

Разработка языка началась в 1979 году. Целью создания C++ было дополнение C возможностями. Изначально новый язык назывался «C с классами», но затем имя было изменено на C++ — это должно было подчеркнуть как его происхождение от C, так и его превосходство над последним.

Первый выпуск C++ для коммерческого использования состоялся в 1985 году, вместе с публикацией книги «The C++ Programming Language», которая на долгое время стала его неофициальным стандартом. В 1989 году вышла вторая версия языка в сопровождении книги «The Annotated C++ Reference Manual».

В 1990-х годах язык стал одним из наиболее широко используемых языков программирования общего назначения. Первым официальным стандартом языка стал ISO/IEC 14882:1998, более известный как C++98.

В 2003 году была принята его дополненная версия, C++03, а в 2005 году был опубликован «Library Technical Report 1» — документ, описывающий расширения стандартной библиотеки. TR1 не является стандартом, но большинство актуальных компиляторов C++ поддерживает его. Наконец, в 2011 году был принят текущий стандарт, C++11.

Рассмотрим пример минимально возможной программы на C++ для Arduino:

```
void setup()
{
}
void loop()
{
}
```

Для начала стоит понять, что программу нельзя читать и писать, как книгу: от корки до корки, сверху вниз, строку за строкой. Любая программа состоит из отдельных блоков. Начало блока кода в C/C++ обозначается левой фигурной скобкой {, его конец — правой фигурной скобкой}. Блоки бывают разных видов и какой из них, когда будет исполняться зависит от внешних условий. В примере минимальной программы мы можем видеть 2 блока. В этом примере блоки называются *определением функции*. Функция — это просто блок кода с заданным именем, которым кто-то затем может пользоваться из внешней.

В данном случае у нас 2 функции с именами setup и loop. Их присутствие обязательно в любой программе на C++ для Arduino. Они могут ничего и не делать, как в нашем случае, но должны быть написаны. Иначе на стадии компиляции мы получим ошибку.

Большую роль у нас играет датчик влажности, который определяет влажность почвы. У всех подобных датчиков имеется 3 выхода — VCC (питание), GND (зем-

ля) и S (сигнальный выход). Из-за особенностей работы датчика и относительно небольшого его потребления, питать датчик желательно от цифрового пина микроконтроллера, включая лишь на время замера и выключая после него.

Датчик влажности почвы Arduino предназначен для определения влажности земли, в которую он погружен. Он позволяет узнать о недостаточном или избыточном поливе наших домашних или садовых растений.

Работа датчика влажности почвы довольно проста. Вилка в форме зонда с двумя открытыми проводниками действует как переменный резистор (потенциометр), сопротивление которого изменяется в зависимости от содержания воды в почве.

Типовой датчик влажности почвы состоит из двух компонентов:

- 1) зонд: вилочный зонд с двумя открытыми проводниками, который погружается в почву или в любое другое место, где должно измеряться содержание воды;
- 2) модуль: электронный модуль, который соединяет датчик с Arduino. В соответствии с сопротивлением датчика модуль выдает выходное напряжение, которое доступно на выводе аналогового выхода (AO). Этот же сигнал подается на высокоточный компаратор LM393 для его оцифровки, с выхода которого сигнал подается на вывод цифрового выхода (DO).

Дисплей в каком-то смысле можно считать, как дополнение, ведь не всем важно видеть влажность почвы, главное, что это видит компьютер.

Жидкокристаллический дисплей (Liquid Crystal Display) LCD 1602 является хорошим выбором для вывода строк символов в различных проектах. Он стоит недорого, есть различные модификации с разными цветами подсветки.

Для подключения необходимы сама плата Ардуино, дисплей, макетная плата, соединительные провода и потенциометр

Насос или помпа — это механическое устройство для подачи/перекачки некоего текучего вещества, например, жидкости или газа, из более низкой в более высокую точку или из зоны низкого в зону высокого давления.

Глава II. Практическая часть. Сборка устройства. Для начала все модули: датчик влажности, дисплей и насос нужно подключить к плате Arduino Uno через макетную плату с помощью проводов. Далее нужно Arduino Uno подключить к компьютеру через последовательный USB-порт и открыть среду разработки Arduino Uno. Данную среду я скачала с официального сайта, написала в ней код программы на языке Си++, отправила через USB на Arduino Uno (рис. 1а).

После подключения всей схемы помпу опустила в емкость для воды. **В проекте использован** микро водяной насос DC 3–6V 120L/H Low (помпа) с рабочим напряжением 3...12В и садовый шланг. Вода подается из обычной пластиковой бутылки. Датчик влажности вставляем в почву с растением и включаем плату. Для этого использовала адаптер.

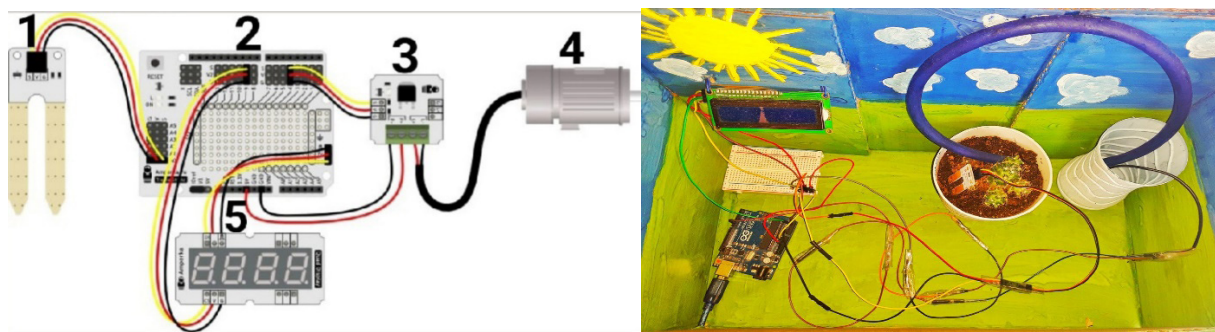


Рис. 1а. Схема работы автополивателя. Рис. 1б. Собранное устройство
1 — Датчик влажности, 2 — плата Ардуино Уно, 3 — механический ключ или макетная плата,
4 — насос, 5 — дисплей

Все вышеперечисленные части устройства соединяются к плате с помощью проводов «папа-мама» и «папа-папа». Источником питания для данного устройства служит стандартная электросеть 220 вт. (рис. 1б).

Заключение. Это мой первый самостоятельный проект, первая работа с аппаратной платформой Arduino Uno.

Я заинтересовалась возможностями данной платформы, у меня возникли новые идеи. Я хочу дополнить к данному устройству удаленный доступ, чтобы, находясь в любой точки мира, я могла сама управлять данным механизмом. Для этого мне нужно более подробно

изучить Arduino Uno и сам язык программирования. Почему я выбрала именно это устройство — автополиватель растений, поскольку я всегда хотела иметь какое-то уникальное растение, но всегда боялась, что попросту буду забывать его поливать. А это устройство будет все делать вовремя.

При выполнении проектной работы я испытала сложности с работой дисплея и платы. Плата периодически зависала, а дисплей показывал неточную влажность. Причина всему этому поддельное производство. Чтобы избежать данной проблемы нужно все модули покупать в оригинальном виде.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Воронцов, В. В. Уход за комнатными растениями. Практические советы любителям цветов. — М.: Фитон+, 2011. — 184 с.
2. Торопов, С. Школа юного изобретателя//Юный техник, 1980. — № 11, с. 47.
3. АрдуиноWeb: <https://arduino-master.ru/uroki-arduino/arduino-uroki-nachalo-raboty/https://amperka.ru/page/what-is-arduino>
4. <https://all-arduino.ru/arduino-dlya-nachinayushhih/>
5. Растения и их полив Web: <http://www.plantopedia.ru/window-gardening/sekrets/plant-care.phphttps://iplants.ru/ruhod.htm>
6. <https://orhide.ru/?p=2578>
7. Arduino UNO Web: <https://volti.ru/wiki/arduino-uno-review/>
8. <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>

Создание конструкции «Молярий» для разведения и содержания большой восковой моли (*Galleria Mellonella* L.)

Пересторонина Владислава Романовна, учащаяся 10-го класса
Гуманитарно-математический лицей имени Героя России Горшкова Д. Е. г. Тулы

Пересторонина Алина Романовна, студент
Курский государственный медицинский университет

Научный руководитель: *Абрамова Эльвира Александровна, кандидат биологических наук, старший методист*
ГОУ ДО Тульской области «Центр дополнительного образования детей»

Научный руководитель: *Пересторонина Олеся Васильевна, учитель*
МБОУ «Центр образования № 55» имени Александра Ильича Миронова (г. Тула)

В статье авторы приводят схемы и анализируют авторские конструкции для лабораторного и промышленного разведения и содержания большой восковой моли (*Galleria Mellonella* L.). Рассматривают технологии, повышающие биодegradацию полиэтилена личинками *Galleria Mellonella* L.

Ключевые слова: молярий, большая восковая моль, биодegradация.

Большая восковая моль (*Galleria Mellonella* L.) — животное уникальное. Пробираясь в ульи, главным образом ночью, взрослые насекомые откладывают в укромных местах яйца, из которых появляются личинки. Маленькая гусеница активна и должна питаться. Излюбленным лакомством являются восковые соты, поедая воск личинки уничтожают восковые рамки и тем самым вредят пчелиной семье. Однако, как показывают научные данные, личинка восковой моли имеет значительный потенциал для развития биотехнологии как науки.

Еще И. И. Мечников, проводя исследования в поиске лекарства от туберкулеза сделал заключение о том, что экстракт личинок восковой моли увеличивает скорость излечения от опасного заболевания в несколько раз.

Доказано, что благодаря наличию фермента церазы личинки восковой моли способны переваривать и усваивать пчелиный воск [3,6].

Имеются сведения о возможности переработки личинками восковой моли и синтетических полимеров [1,6]. Проведенные нами 2022 году исследования подтверждают эффективность биодegradации полиэтилена личинками *Galleria mellonella* L. [6].

Авторы некоторых исследований указывают на сложности в разведении *Galleria Mellonella* L. в лабораторных условиях [2,4,5], с некоторыми столкнулись, и мы [6]. В первую очередь трудности были связаны с контролем и поддержанием необходимых температуры и влажности, а к этим параметрам, как показало наше исследование, восковая моль очень чувствительна. Также не очень удобно, когда восковая моль на разных стадиях развития находится в молярии, который состоит из одной камеры.

В связи с этим, изучив литературные источники и опробовав разные виды устройств для содержания и разведения *Galleria Mellonella* L., мы решили разработать свою конструкцию. Главными критериями стали: простота использования, увеличение производительности личинок, удобный контроль за развитием.

Предложенная нами модель изготовлена из стекла, поскольку полученные данные в ходе проведенного нами исследования указывает на необходимость света на стадии имаго, также данный материал нейтрален для большой восковой моли и не повреждается личинками. Молярий состоит из внешней и внутренней конструкции, которые различаются размерами (см. рис. 1, 2).

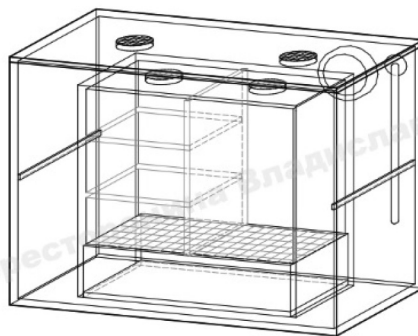


Рис. 1. Общая схема «Молярий»

Внешняя конструкция (см. рис. 2), большего размера, имеет открывающуюся верхнюю крышку, на которой расположены два вентиляционных отверстия диаметром 30 мм, закрытые мелкой металлической сеткой. В данной конструкции для удобства использования передняя стенка тоже открывается, образуя столик для проведения исследований. Внешняя конструкция снабжена

маломощными нагревательными приборами, которые крепятся к боковым стенкам, и отдельным коврик для подогрева, поскольку важным условием эффективного разведения *Galleria Mellonella* L. является температурный режим. На задней стенке внешней конструкции закреплены термометр и датчик влажности, которые контролируют микроклимат в молярии.

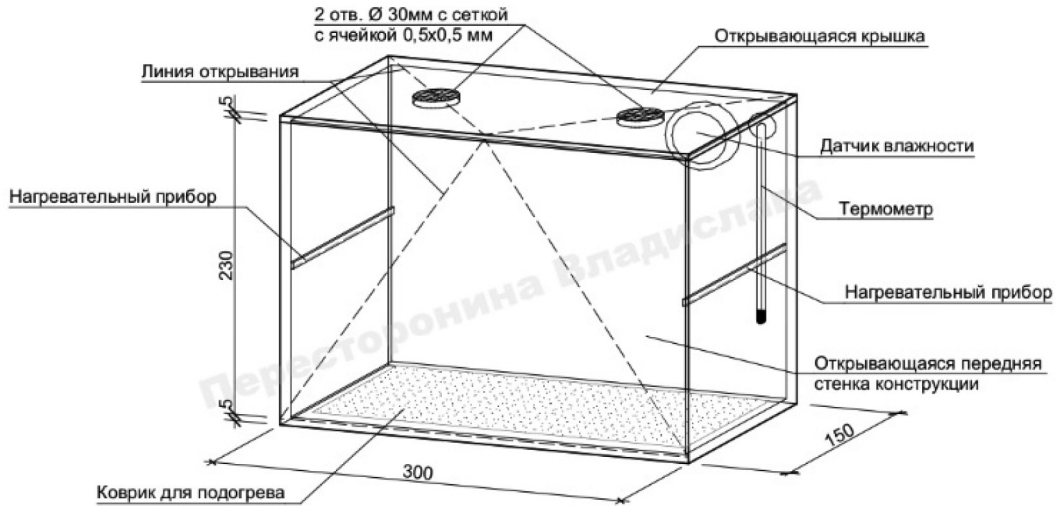


Рис. 2. Схема внешней конструкции «Молярий»

Схема внутренней конструкции представлена на рис. 3. Данная конструкция имеет меньший размер и вставляется во внешнюю конструкцию. Внутренняя конструкция молярия разделена вертикальной перегородкой на две секции. Одна из секций разделена поперечными перегородками на три этажа, каждый из которых необходим для эффективного разведения *G. Mellonella*. Вторая секция перегородок не имеет и служит для развития стадии има-

го. Внутренняя конструкция открывается только сверху. В крышке также, как и во внешней конструкции имеются два вентиляционных отверстия с металлической сеткой. Дно секций внутренней конструкции изготовлено из сетки диаметром 1 мм, которая необходима для того, чтобы образующиеся продукты жизнедеятельности восковой моли (ПЖВМ) попадали в выдвижной пластиковый поддон, собирались в нем, а потом извлекались.

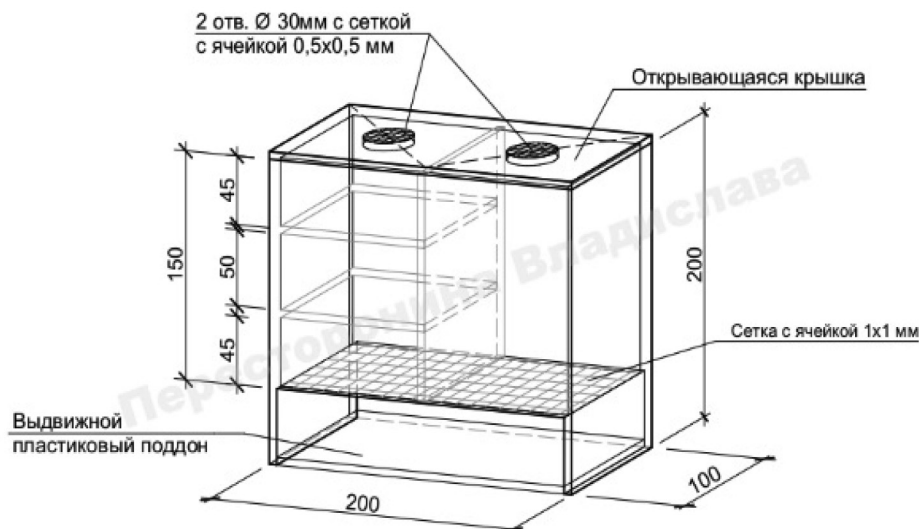


Рис. 3. Схема внутренней конструкции «Молярий»

Спроектированная нами конструкция проста и удобна для разведения восковой моли в лабораторных условиях, позволяет создать необходимый микрокли-

мат, а именно поддерживать постоянную температуру и влажность (рис. 4).



Рис. 4. Конструкция для разведения *Galleria Mellonella L.* в лабораторных условиях

Необходимо отметить удобство наблюдения за восковой молью на разных стадиях развития. Этажность внутренней конструкции упрощает подсчет и морфометрический анализ личинок. Наличие сетки и поддона позволяет извлекать ПЖВМ, которые характеризуются биологической активностью и имеют значение для дальнейших исследований. Эффективность данной конструкции подтверждена ее практическим использованием в условиях лаборатории.

Положительные результаты использования спроектированной нами лабораторной конструкции молярия

и полученное задание от Федерального проектного института «Экология будущего» послужили началом работы над конструкцией, которую можно будет использовать в промышленных масштабах.

За основу мы взяли лабораторную конструкцию, поскольку была доказана ее эффективность. Главной отличительной особенностью промышленного молярия стал больший размер конструкции.

Внешняя конструкция представляет собой прямоугольный ящик, сделанный из дерева и стекла (рис. 5).

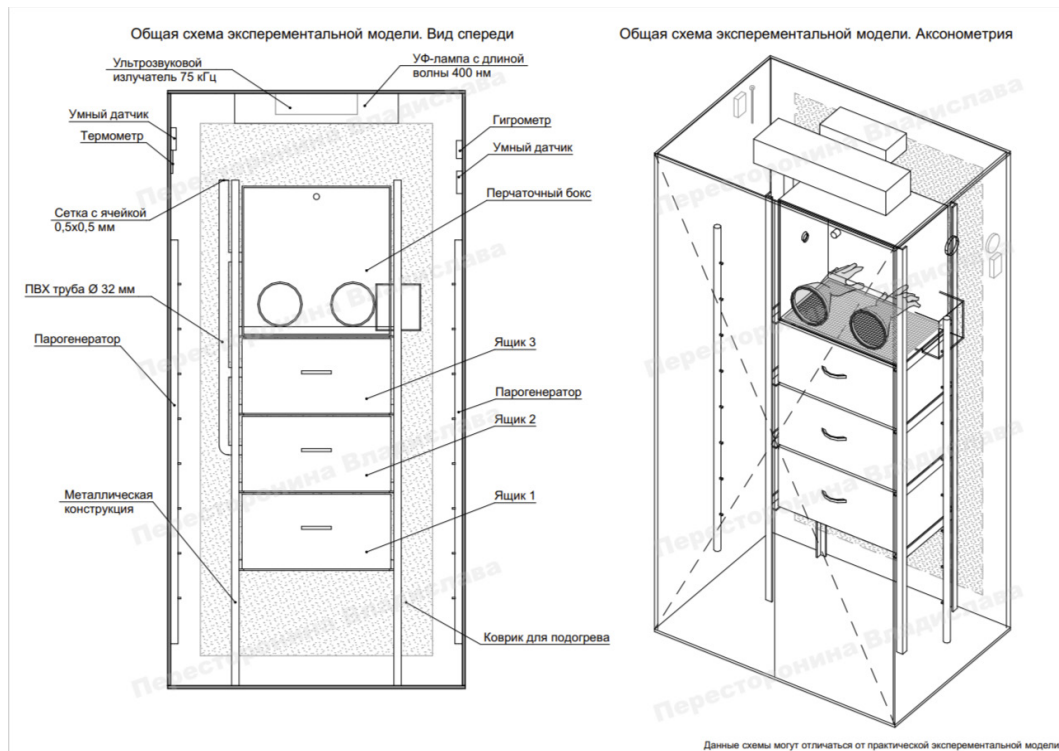


Рис. 5. Общая схема экспериментальной модели промышленного молярия

Большое фронтальное окно с перчатками служит для загрузки личинок и питательного субстрата. Для этого конструкция оснащена камерой загрузки/выгрузки. На верхней части конструкции расположены: излучатель

световой волны длиной 400 нм, который служит для привлечения бабочек; излучатель ультразвука для привлечения самцов и стимулирования половых функций насекомых. Данные технологические решения необхо-

димы для того, чтобы ускорить процесс оплодотворения и увеличить откладку яиц самками. Результатом станет увеличение количества личинок и продолжительность личиночной стадии. В итоге данные мероприятия приведут к увеличению биодegradации полиэтилена.

Также внешняя конструкция оснащена датчиком температуры и влажности. Управление датчиками осуществляется с помощью мобильного телефона в режиме реального времени. Представленная схема готова к производству и проверке ее эффективности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Астахов, П. С., Мурзина Е. Д. Исследование биодegradации пластика личинками восковой моли // Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXXIV. 2020. № 11. — С 71–72
2. Коновалова, Т. В. Лабораторное содержание и разведение большой восковой огневки *Galleriamellonella*L. / Т. В. Коновалова // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные, Выпуск № 4. — Москва: Россия, 2009. — С. 46–48 с.
3. Котова, И. Б. Микробная дegradация пластика и пути ее интенсификации / Микробиология, 2021, Т. 90, № 6. — с. 627–659
4. Осокина, А. С., Колбина Л. М., Гушин А. Влияние кормления и условий содержания на рост личинок большой восковой моли (*Galleriamellonella*) / Достижения АПК, 2016, № 6, июль, Том 30 — с. 88–92
5. Севастьянов, Б. Г. Технология круглогодичного вывода личинок восковой моли / Севастьянов Б. Г. // Сборник 10. Материалы международной и практической конференции по апитерапии. Апитерапия сегодня. — Рязань. — 2002. — с. 241–245.
6. Пересторонина, В. Р. Пересторонина, В. Р. Переработка полиэтилена личинками восковой моли (*Galleria Mellonella* L.) / В. Р. Пересторонина, Э. А. Абрамова. — Текст: непосредственный // Юный ученый. — 2022. — № 11 (63). — с. 26–29. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/63/3265/> (дата обращения: 15.03.2023).



ЭКОЛОГИЯ

«Авоськампания»: пластик распознай, мусор разделяй, хорошо поступай

Чорный-Ерофеев Дмитрий Андреевич, учащийся 7-го класса

Научный руководитель: *Малинина Анна Игоревна, заместитель директора по учебной работе в начальной школе ГУО «Средняя школа № 26 г. Минска имени З.Г. Колобанова» (Беларусь)*

В статье выяснено, что время, необходимое, чтобы природа справилась с переработкой различного мусора может быть огромным. Наиболее опасные виды такого мусора (полиэтиленовые пакеты, бутылки, металлические банки, пенопласт и др.) были найдены брошенными на территории типичного городского микрорайона, например, микрорайона Михалово г. Минска. Простым способом является уборка этой территории и поддержание ее в дальнейшем в чистоте. Это зависит как от взрослых, так и детей. Проведенный опыт по сжиганию различных упаковочных материалов показал, что они обладают различными свойствами по цвету, гибкости, жесткости, хрупкости, цвету пламени и дыму при горении. По этим признакам они могут быть отсортированы для последующей переработки, если на них не указана маркировка в виде специального треугольника. Способом уменьшения загрязнения мусором в виде полиэтиленовых пакетов для переноски продуктов из магазина является их замена на сумки, примером которой является веселая бабушкина авоська. Для учащихся младших классов сформулированы и приведено решение ряда задач, которые указывают на количество полезного, которое можно получить при переработке мусора, скапливающегося в типичном городском микрорайоне.

Ключевые слова: мусор, пластик, переработка, горение, типичный городской микрорайон.

Введение. Насколько быстро природа может переработать полиэтиленовый пакет, пластиковую бутылку, старую резиновую автомобильную покрышку или банановую кожуру? Проблема уничтожения бытовых отходов не сводится лишь к тому, что недобросовестные люди выкидывают мусор в неустановленных местах, в том числе и во время отдыха на природе. Те бытовые отходы, которые собираются с наших дворов и без сортировки отправляются на свалки, наносят планете не меньший вред. Пройдет достаточно много времени, прежде чем брошенный в лесу мусор и не одна сотня лет, прежде чем засыпанные грунтом горы мусора перестанут представлять опасность для природы. Согласно оценкам экологических организаций, ежедневно каждый человек производит около 1 и больше килограмма мусора в день. Например, в микрорайоне Михалово г. Минска (месторасположение нашей школы) проживает 40 тысяч человек [1]. Это значит, что ежедневно в микрорайоне появляется, как минимум, 40 тысяч килограмм мусора, который необходимо где-то собрать. Итак, первая проблема не только микрорайона Михалово, а любого населённого пункта — огромное количество мусора, который производят люди. Вторая проблема — уничтожение мусо-

ра. Полиэтиленовые пакеты, пластиковые бутылки, которые с другим мусором, мы каждый день выносим из дома на улицу для отправки на свалки, нельзя назвать безвредными для природы [2, 3].

Объектом исследования является мусор из различных материалов.

Цель исследования: выяснить, как долго мусор из различных материалов разлагается в природе, определить типы попадающих в мусор пластиков и их свойства, и как можно уменьшить их количество или переработать.

Задачи исследования: изучить за какое время разлагается мусор из различных материалов; изучить какие виды брошенного мусора встречаются на территории типичного городского микрорайона (микрорайон Михалово г. Минска); изучить типы пластиков, которые могут оказаться в мусоре, и свойства, по которым их можно распознать; изучить, что полезного можно произвести из мусора и рассчитать, сколько полезного можно получить при переработке мусора, скапливающегося в типичном городском микрорайоне; предложить простой способ уменьшения загрязнения мусором на примере полиэтиленовых пакетов.

Метод исследования: изучение данных, сбор материалов, наблюдение.

Какова проблема, или как долго природа может бороться с мусором. Для начала рассмотрим, как долго природа борется с попавшим на ее просторы мусором, т. е. как много времени понадобится для того, чтобы образовавшийся мусор стал частью природы. В этом случае одной из главных причин заглаившейся опасности при длительном периоде разложения мусорных отходов, в большинстве случаев, кроется выделение токсичных, вредных, ядовитых веществ [2, 3]. Можно забежать немного вперед и посмотреть, какие находки ожидают археологов будущего, решивших исследовать почву городов будущего.

Пищевые отходы. К этой категории относятся самые быстро разлагающиеся отходы. Остатки пищевых продуктов перегнивают под воздействием микроорганизмов в течение 1 месяца. Исключением является апельсиновая кожура: на ее переработку окружающей среде требуется гораздо больше времени — от 4 до 6 месяцев. Банановая кожура — ни мало, ни много, а период разложения составляет до 6 месяцев, поэтому выбрасывать ее под ближайший куст, с мыслью: «Скоро перегниет!» не стоит. А вот остатки костей могут пролежать и 5, и 6 лет, но, в целом, не больше 8. Кстати, о жевательной резинке, если ее считать пищевым продуктом, которую многие привыкли выплевывать на ходу. В жарком климате жевательная резинка в экстренном порядке разложится всего лишь за 30 лет, а вот в холодном — может пролежать столетиями.

Бумага и печатная продукция. Картон или обычная бумага и, например, выброшенный троллейбусный билет полностью исчезнет с лица Земли буквально за 1–2 месяца, а вот книгам, брошюрам или другой печатной продукции может потребоваться до двух лет. Дольше всего длится процесс переработки красивых глянцевых журналов: на их уничтожение природа затратит около 5 лет. Кстати, категорически запрещается сжигать бумагу вместе с пищевыми продуктами, так как в результате могут образоваться ядовитые вещества.

Одежда и обувь. Остатки одежды из натуральных тканей (хлопка, льна или вискозы) полностью переработаются под воздействием влаги и микроорганизмов за 3 года. А вот шерстяные изделия куда более «вкусны» для микроорганизмов, так как для их «переваривания» требуется всего лишь год. А вот для того, чтобы переработать одежду из синтетических материалов и старую обувь, нужно около 50 лет.

Древесина и доски. Выброшенная на свалку древесина и доски разлагаются около 3–10 лет, а вот покрытые лаком или краской деревянные изделия могут гнить до 13 лет. А вот опавшие листья, мелкие веточки, семена будут постепенно перегнивать за месяц либо целый год. Крупные ветки разлагаются дольше, однако максимум через 10 лет и от них не останется следа.

Различная упаковка. Полиэтиленовые пакеты быстро вошли в нашу повседневную жизнь, сделав ее более комфортной и легкой. А между тем срок разложения полиэтиленового пакета не идет ни в какое сравнение с его недолгим сроком службы: на это потребуется от 30 до 200 лет.

Еще одна большая проблема — пластиковые бутылки. Главная проблема уничтожения пластика заключает-

ся в том, что в несколько раз дешевле произвести новую партию бутылок, чем заниматься их переработкой. А вот разлагаются пластиковые бутылки от 450 до 1000 лет, в зависимости от климата и состава пластика.

В качестве одноразовой тары для напитков используется алюминий — дешевый и доступный материал. К сожалению, алюминиевые банки надолго останутся частью окружающей среды: на их исчезновение понадобится от 80 до 500 лет. А вот железные банки от консервов полностью разлагаются около 10 лет.

Некоторые другие виды мусора. К сожалению, у нас по-прежнему много любителей покурить. Так вот, небрежно выброшенный маленький сигаретный окурочек будет загрязнителем природы в течение более 3 лет!

При использовании автомобиля часто возникает проблема — что делать с отработанными крышками поскольку, чтобы переработать этот вид отходов, у природы уходит до 100 лет. Батарейки и аккумуляторы для бытовых приборов разлагаются в природе около 100 лет.

Обычные губки для мытья посуды, которые рекомендуют хозяйкам менять хотя бы раз в неделю из-за развития микроорганизмов, после семидневной напряженной работы отправляются на заслуженный отдых. Правда, наступает он нескоро, потому что поролоновые губки разлагаются около 200 лет.

Несмотря на то, что стеклянные вещи изготавливают из природного материала — песка, срок его разложения в природе может превышать 1000 лет.

Что «найдут» археологи в нашем микрорайоне Михалово г. Минска в будущем? Для изучения возможных «находок» археологов будущего в нашем районе на примере различных видов брошенного мусора, который встречается на территории микрорайона Михалово г. Минска, нам понадобилось всего две вещи — фотоаппарат, свободное время и терпение. Оказалось, что около реки Мышки, окаймляющей микрорайон, можно встретить находки, которые и через 100 лет будут выглядеть, как сейчас. Примерами мусора из различных материалов являются одноразовый пластиковый стаканчик и пачка для сигарет, пластиковый упаковочный пакет и бумажная салфетка, пластиковые бутылки, глянцевые бумажные наклейки, раскрошенный пенопласт на берегу реки Мышки и др. Какой же способ уменьшить загрязнение побережья реки Мышка? Он очень простой — сначала убрать и больше не оставлять после себя новый мусор.

Мир пластика — как его распознать? Прогулка по побережью реки Мышка показала, что мы представляем собой общество, тонущее в пластике. Можно привести маленький пример. Купленную в магазине и завернутую в пластик пачку печенья мы несем домой в полиэтиленовом пакете. Вскрыв печенье, засовываем пластиковую обертку от него обратно в полиэтиленовый пакет, а этот полиэтиленовый пакет — в пластиковый мешок для мусора, который выбрасываем в мусоропровод или выставляем на улицу, чтобы его забрала мусорная машина. К счастью, все большее количество людей стараются сократить количество используемого ими пластика. В настоящее время люди покупают матерчатые сумки для покупок, которые можно использовать неоднократно, либо пластик отправляют на переработку через специальные

контейнеры, которые вывозятся на специальных автомобилях. Сам процесс переработки совсем не прост. Выбросить в контейнер для переработки мусор или принести его в центр по приему вторсырья — это самая простая задача. Пластики обычно сортируют и в дальнейшем перерабатывают в зависимости от их типа.

Как распознать пластик по маркировке? Существует семь типов пластиков (рис. 1), которые в целях упрощения сортировки и переработки маркируются особым кодом, ставящимся, как правило, на дне или сбоку бу-

тылки и представляющим собой цифру внутри треугольника, составленного из трех стрелок. В результате после сортировки пластиков получается более подходящий для переработки материал. После сортировки предметы из пластика необходимо очистить от загрязнений. Обычно для этого все предметы режутся на мелкие кусочки, которые затем промывают и сушат. Далее эти небольшие кусочки превращаются в пластиковые гранулы, которые могут использоваться для изготовления новых пластиковых вещей.

| ВИДЫ ПЛАСТИКА | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|--|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| PETE | HDPE | PVC | LDPE | PP | PS | Other | |
| <p>Бутылки из-под воды, газировок, соков, молока, косметики</p>  | <p>Упаковка для шампуней, гелей, моющих ср-в, крышки бутылок, некоторые пакеты, пищевые контейнеры</p>  | <p>Мягкий ПВХ: пищевая пленка, обшивки, натяжные потолки, шланги</p>  | <p>Гладкие пакеты, игрушки, упаковка для пиццы, мусорные пакеты</p>  | <p>Пищевые контейнеры, шприцы, ингаляторы, многоразовая посуда, баночки и тары</p>  | <p>Одноразовая посуда, стаканчики для йогуртов, лотки для яиц, пенопласт</p>  | <p>Пластик без номера, смешанные, многослойные виды пластмасс: упаковка, игрушки, посуда, бутылки</p>  | ПРИМЕРЫ |
| 1 РАЗ | 1 РАЗ | 1 РАЗ | МНОГОКРАТНО | | 1 РАЗ | | СКОЛЬКО РАЗ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ |
|  ТОПОЧЕН |  КОРОТКОЕ НЕБОЛЬШОЕ НАГРЕВАНИЕ |  НЕ НАГРЕВАТЬ |  ТОПОЧЕН |  КОРОТКОЕ НЕБОЛЬШОЕ НАГРЕВАНИЕ |  НЕ НАГРЕВАТЬ | | МОЖНО ЛИ НАГРЕВАТЬ |
| ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | УТИЛИЗАЦИЯ |

Рис. 1. Маркировка типов пластиков

Все согласны, что переработка пластика с целью повторного использования — это не просто разумно, но и необходимо, если, конечно, мы заботимся о чистоте нашей Земли.

Так в чем, собственно, проблема? Проблема состоит в том, что переработка пластика для повторного использования — очень трудоемкий процесс. Главным образом из-за того, что пластики необходимо рассортировывать по типам.

Ниже указаны шесть типов пластиков, с которыми нам приходится встречаться в повседневной жизни (седьмой тип — чаще всего сложная смесь этих шести):

1. **Полиэтилентерефталат (ПЭТФ).** Почти четверть всех пластиковых бутылок, включая бутылки для газированных напитков, изготовлены из этого пластика. Из него также делают упаковки для мяса и косметических средств и применяют в качестве наполнителя для подушек.
2. **Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП).** Этот тип пластика используется при изготовлении почти 60 процентов пластиковых бутылок, в том числе для разлива молока, моющих средств, шампуня, питьевой воды, соков и др. Он также применяется

для производства пластиковых пакетов для товаров и сумок-холодильников.

3. **Поливинилхлорид (ПВХ).** Этот тип пластика идет на изготовление некоторых бутылок, главным образом, для моющих средств, а также изоляционных трубок, водопроводных труб. Разновидность этого пластика применяется при изготовлении садовых шлангов, подошв обуви и др.
4. **Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП).** Этот тип пластика применяется для производства разнообразных упаковок, таких как мешки для мусора и пакеты для хлеба, для изготовления мягких бутылок, контейнеров для пищевых и бытовых отходов, гибких трубок.
5. **Полипропилен (ПП).** Соломинки для питья, пакетики для хрустящего картофеля, бутылочки для йогурта, пластмассовые ведра и садовая мебель из пластика — все это изготавливается из данного типа пластика.
6. **Полистирол (ПС).** Этот тип пластика применяется для изготовления тары для продажи готовой еды на вынос, пластиковых ложек, вилок и ножей, прозрачных пластиковых чашек, пластиковых упаковок для печенья и крекеров и др.

Как распознать пластик по свойствам? Опыт. Для этого проведен небольшой опыт о том, как определить тип пластика, не глядя на маркировку. Задача, которая решалась, состоит в том, можно ли отличить один тип пластика от другого, зная его какие-нибудь свойства. К свойствам пластиков относятся цвет, масса, объем, горючесть, цвет пламени и дыма, образующегося при горении пластика. Чем больше мы узнаем о пластике, используемых в повседневной жизни, тем лучше сможем понять их свойства и предложить способ их переработки. С этой целью были рассмотрены образцы разных типов пластиков.

Проведение опыта. Требуемые материалы: образцы разных типов пластиков; нож или ножницы; миска для сжигания образцов пластиков; спички для испытания на воспламеняемость; щипцы; ведро с водой.

Ход опыта: а) собрать образцы пластика различных типов; б) ножом или ножницами вырезать небольшие кусоч-

ки пластика каждого из образцов; в) рассмотрев образцы, заполнить таблицу 1 с указанием следующих свойств — цвет, прозрачность, гибкость (негибкость), жесткость (хрупкость); г) поместить первый образец в миску для сжигания образцов; д) аккуратно поджечь и наблюдать за цветом пламени и дыма, записать результаты наблюдений в таблицу 1; е) чтобы потушить пламя, взять щипцами образец пластика и бросить в ведро с водой. Почистить миску для сжигания образцов пластиков; ж) повторить предыдущие шаги для остальных образцов пластика.

Внимание: опыт следует проводить в хорошо проветриваемом месте, но лучше всего на улице. Нельзя вдыхать дым от горящего пластика.

Для опыта были рассмотрены несколько типов пластиков и упаковочных материалов, найденных на бабушкиной даче. После этого, в глиняной негорючей миске был сожжен каждый из образцов. Наблюдения были записаны в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты наблюдений опыта по определению свойств мусора

| Образец пластика | Цвет | Прозрачность (прозрачный или непрозрачный) | Гибкий или гладкий | Жесткий или хрупкий | Цвет пламени | Цвет дыма |
|-----------------------------------|--------------|--|---------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------|
| Пластиковая веревка | Серый | непрозрачный | Гибкий и гладкий | | Желто-коричневый | черный |
| Пластиковая бутылка для газировки | Бесцветный | Прозрачный | Гибкий и гладкий | - | Прозрачный с желтым | серый |
| Полиэтиленовый пакет | Бесцветный | Прозрачный | Гибкий и гладкий | - | Прозрачный с желтым | черный |
| Цветная упаковка для хлеба | Разноцветный | Полупрозрачный | Гибкий и гладкий | - | Желто-черный | прозрачный |
| Упаковка конфет в коробке | Коричневый | непрозрачный | Гибкий, негладкий | хрупкий | Желто-коричневый с белым | белый |
| Фантик для конфеты | Цветной | непрозрачный | Гибкий | Жесткий | Плохо горит | черный |
| Крышка из под кваса | Коричневый | непрозрачный | Негибкий, негладкий | Жесткий | Плохо горит, плавиться | серый |
| Крышка для банки | Серый | непрозрачный | Негибкий, негладкий | жесткий | Плохо горит, плавиться | серый |
| Смесь пластиков | | | | | Темно-оранжевый или светло-коричневый | Серый, сизый |

Записав все данные и результаты наблюдений, можно ответить на вопрос, какими свойствами обладают различные типы пластиков. При этом сортировку пластиков для переработки следует вести по совпадению их свойств. Прежде всего это связано с тем, что если просто сжигать неотсортированные пластики, то будут образовываться очень вредные токсичные вещества. Примером является сожженная в опыте смесь пластиков.

Простой способ уменьшения загрязнения мусором. Таким способом является вторая жизнь мусора и не только. Переработка пластиков — это только один путь решения проблем, связанных с мусором, однако не следует считать его единственным и окончательным. Большинство предметов из пластика удастся переработать

и использовать повторно — изготовить пластмассовые изделия для дома, сада, огорода (ведра, ящики), трубы, пакеты, и даже одежду. Защитники окружающей среды стремятся убедить нас шире использовать стекло и алюминий, которые можно перерабатывать многократно.

Из отходов стекла изготавливаются стеклянные бутылки, банки, строительные материалы, керамическую плитку. Отходы стекла используют в производстве световозвращающей краски для дорожной разметки.

Простым способом уменьшения загрязнения мусором является нам известный сбор макулатуры и ее дальнейшее использование. Ведь известно, что 54 кг бумаги, сданной в переработку, позволяют сохранить одно дерево. Из макулатуры производят картонную и бумажную

упаковку, туалетную бумагу, тетради, блокноты, целлюлозу, упаковку для яиц.

О чем еще можно вспомнить? Конечно, полиэтилен. Как уже раньше говорилось, обычные тонкие полиэтиленовые пакеты, в которые так любят все продукты заворачивать продавцы, разлагаются 100–200 лет.

Полиэтиленовый пакет — удобная штука. Он легкий, прочный, удобный, дешевый и одноразовый. Пять минут пакет верно служит, чтобы донести продукты или вещи до дома, и на сотни лет оседает на мусорных свалках, загрязняя воду, воздух и почву.

Хотим ли мы оставить после себя на Земле памятник из горы использованного полиэтилена? Можно попробовать перейти на экологически чистые сумки из бумаги, хлопка и других материалов, которые быстро разлагаются и не загрязняют окружающую среду. Одна такая сумка может заменить тысячи пакетов, стильно выглядит, лег-

ко перерабатывается и имеет только один недостаток: ее нужно не забывать носить с собой.

К тому же всегда можно сшить или сделать сумку своими руками из вещи, которая не нужна: из сломанного зонтика, плотного постельного белья, куртки или плаща, чехла на подушку или стул. А сплетенная как паутина сумка, которую наши бабушки называли авоськой, может выглядеть даже модно.

«Мусорные» задачи, или сколько полезного можно получить при переработке мусора, скапливающегося в типичном городском микрорайоне.

Для разъяснения младшим школьникам важности решения экологической проблемы при образовании мусора в типичном городском микрорайоне (микрорайон Михалово г. Минска) нами были придуманы несколько задач, решение которых учащимися начальных классов может дать им представление о сложности проблемы.

Задача о сером ките

| Дано | Решение | Ответ |
|--|---|---|
| Один житель микрорайона Михалово за год «производит» 450 кг мусора Масса серого кита 27 тонн | $450 \times 70 = 31500$ кг мусора производит один житель Михалово за 70 лет $31500 \text{ кг} > 27 \text{ тонн}$ | Количество мусора, «производимого» одним жителем Михалово за 70 лет жизни больше массы одного серого кита |
| Найти: Что больше количество мусора, которое «производит» 1 житель Михалово за 70 лет жизни или масса серого кита? | | |

Задача о зубре

| Дано | Решение | Ответ |
|--|---|--|
| Один человек за год «производит» 450 кг мусора. В микрорайоне Михалово проживает 40000 чел. Масса 1 зубра 600 кг | $450 \times 40000 = 18000000$ кг мусора производится в Михалово за год $18000000 : 600 = 30000$ зубров | Количество мусора, «производимого» в Михалово за год, равно массе 30000 зубров |
| Найти: Какое количество мусора «производится» за год в Михалово в «зубрах»? | | |

Задача о пластиковой упаковке и холодильнике

| Дано | Решение | Ответ |
|---|---|--|
| В Беларуси за год собирают и отправляют на переработку 80 тыс. тонн пластиковой упаковки. Сэкономленной благодаря этому электрической энергии хватит на работу холодильников жителей Беларуси на 6 месяцев. В Беларуси проживает 9 400 000 жителей. В микрорайоне Михалово проживает 40 000 чел. | $9\,400\,000 : 40\,000 = 235$ — в такое количество раз по времени больше $6 \times 235 = 1410$ месяцев или 117 лет и 6 месяцев | Электрэнергии для холодильников жителей Михалово хватит на 1410 месяцев или 117 лет и 6 месяцев * Решить задачу для жителей города Минска, если их количество 2 010 000 чел |
| Найти: На какое время работы холодильников жителей Михалово хватит сэкономленной по Беларуси электрической энергии за счет переработанной пластиковой упаковки? | | |

Задача о футбольных полях

| Дано | Решение | Ответ |
|--|--|--|
| За год в Беларуси собирают 340 тыс. тонн отходов бумаги и отправляют на переработку. | $340\ 000: 1000 = 340$ тонн бумаги из леса площадью одного футбольного поля | 219 640 тонн бумаги можно изготовить из леса площадью, равной площади микрорайона Михалово |
| Для изготовления такого количества бумаги нужен лес площадью 1000 футбольных полей. | $4199000: 6500 = 646$ футбольных полей составляет площадь микрорайона Михалово | * Решить задачу для площади города Минска, если его площадь 348,8 кв. км |
| Площадь футбольного поля СШ № 26 составляет около 6500 кв.м. | | |
| Площадь микрорайона Михалово 4199000 кв. м. | $340 \times 646 = 219\ 640$ тонн бумаги | |
| Найти: Какое количество бумаги можно изготовить из леса площадью, равной площади микрорайона Михалово? | | |

Заключение. В рамках исследования было выяснено, что время, необходимое, чтобы природа справилась с переработкой различного мусора может быть огромным. И, к сожалению, наиболее опасные виды такого мусора (полиэтиленовые пакеты, бутылки, металлические банки, пенопласт и др.) были найдены брошенными на территории типичного городского микрорайона, например, микрорайона Михалово г. Минска у реки Мышки. Простым способом является уборка этой территории и поддержание ее в дальнейшем в чистоте. Это зависит как от взрослых, так и детей.

Проведенный опыт по сжиганию различных упаковочных материалов показал, что они обладают различными свойствами по цвету, гибкости, жесткости, хрупкости, цвету пламени и дыму при горении. По этим

признакам они могут быть отсортированы для последующей переработки, если на них не указана маркировка в виде специального треугольника.

Способом уменьшения загрязнения мусором в виде полиэтиленовых пакетов для переноски продуктов из магазина является их замена на сумки, примером которой является веселая бабушкина авоська.

Для учащихся младших классов сформулированы и приведено решение ряда задач, которые указывают на количество полезного, которое можно получить при переработке мусора, скапливающегося в типичном городском микрорайоне.

Мы надеемся, что наше небольшое исследование очередной раз заставит людей задуматься над тем, где и как они живут, бережнее относиться к окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА:

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Михалово_\(микрорайон\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Михалово_(микрорайон)).
2. Сбор мусора: бессмысленное занятие или мощный инструмент в борьбе с загрязнением пластиком? <https://www.unenvironment.org/ru/news-and-stories/story/cbor-musora-bessmyslennoe-zanatie-ili-mosnyi-instrument-v-borbe-s>
3. Переработка отходов пластика. Разные виды — яркие цвета. Информация, подготовленная государственным учреждением «Оператор вторичных материальных ресурсов» для Движения «Цель 99». 2015 год. target99.by

ТЕХНОЛОГИЯ

Топологическая оптимизация верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000 в Компас-3D

Белохон Артём Михайлович, учащийся 10-го класса
МОУ СОШ № 4 г. Рыбинска

Научный руководитель: Баранова Екатерина Дмитриевна, педагог дополнительного образования
Детский технопарк «Кванториум 76» (город Рыбинск) — Рыбинский филиал ГОАУ ДО ЯО Центра детско-юношеского технического творчества

Научный руководитель: Пуказов Ярослав Геннадьевич, инженер-конструктор
АО «Русская механика» (г. Рыбинск)

В статье автор описывает процесс по топологической оптимизации верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000 в программном комплексе Компас-3D с помощью модуля APM FEM.

Ключевые слова: APM FEM, топологическая оптимизация, Компас-3D, передняя подвеска снегохода, верхний рычаг, Фронтьер 1000.

Топологическая оптимизация — это метод, используемый в инженерии и производстве, который позволяет оптимизировать форму и структуру объектов с использованием минимального количества материала. Этот метод основан на анализе и изменении распределения материала внутри объекта с целью достижения оптимальных механических свойств при минимальной массе [1]. В процессе работы над проектом был проведен анализ существующих моделей подвесок снегоходов [2] и исследованы их характеристики с целью определения проблемных зон и улучшений их производительности. Затем была применена методика топологической оптимизации для определения оптимальной формы и структуры подвески, учитывая механические нагрузки, требования к прочности и жесткости. Ожидаемыми результатами этого проекта стала разработка новой конструкции подвески снегохода с использованием топологической оптимизации, экономия материалов и снижение массы подвески [3].

Объектом оптимизации в данном случае являлся верхний рычаг передней подвески снегохода Фронтьер 1000. Создание и топологическая оптимизация модели выбранной детали, а также расчёт на прочность производился в интерфейсе программы Компас-3D в модуле APM FEM [4]. В задачи проекта входило: 1) исследование требований и условий эксплуатации; 2) проектирование оптимизированной модели подвески; 3) применение топологической оптимизации; 4) моделирование и анализ; 5) тестирование и оценка результатов.

Для топологической оптимизации необходимы были следующие программы и аппаратное обеспечение: Компас-3D [5], APM FEM, компьютер с видеокартой 20xx-30xx с 6 ГБ и более видеопамяти, 16 ГБ оперативной памяти и выше с установленной операционной системой Windows 10 или 11, обладающий 8 гигабайтов оперативной памяти, видеокарта с поддержкой OpenGL 2. После получения всех необходимых лицензий и установке программного обеспечения мы приступили к топологической оптимизации верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000 (рис. 1).

Интерфейсные области этой детали представляют собой места закрепления резинометаллических шарниров передней подвески. Нижняя область это сопряжение с шаровой опорой через которую передается нагрузка от колеса на раму снегохода либо обратно от снегохода на лыжу. На этой детали нет крепления амортизаторов, и прочих вещей по типу стабилизатора устойчивости. Эта деталь имеет 8 расчетных случаев. Задаем опору на шарниры с помощью координат. Можно увидеть, что крепление собралось в одну точку (рис. 2), она не имеет перемещений и она передаёт это свойство всем остальным точкам вокруг него. Мы имеем жесткое тело вокруг этой точки между точкой и поверхностью, которую мы указали в качестве закрепляемой. Задаем второе крепление во втором шарнире. Делаем все то же самое, только меняем координаты узла.

Для того чтобы промоделировать некую податливость самой рамы, на которую крепится наш рычаг, убе-

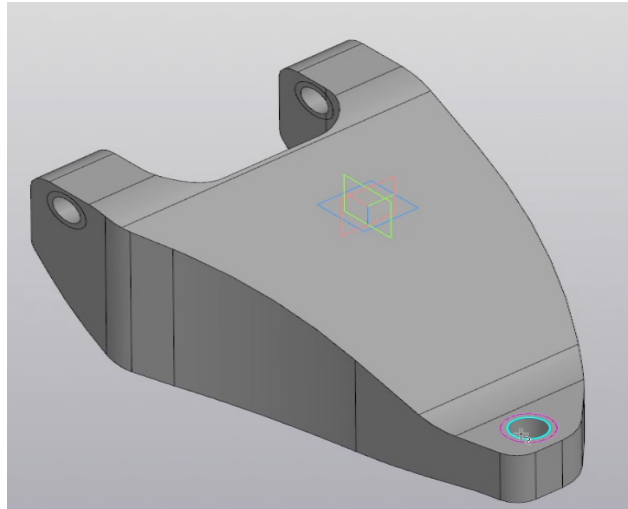


Рис. 1. Область проектирования верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000

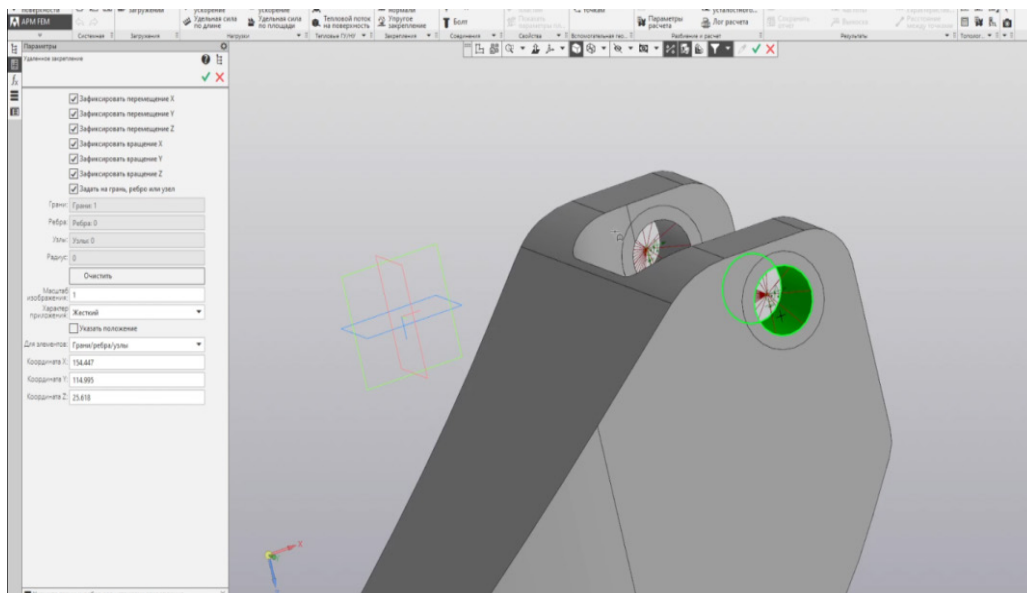


Рис. 2. «Удаленное закрепление» шарнира в диалоговом окне APM FEM

рем фиксацию перемещения по оси Y . В итоге имеем, что резинометаллический шарнир в левой части имеет возможность перемещаться только в оси Y в нашей конструкции и при этом полностью фиксирует перемещение по X и Z . То же самое относится и к правой части, но при этом сама рама, на которую мы крепим саму часть подвески, может немножко «играть», поэтому мы и убираем перемещение в оси Y и получаем плавающую опору.

Нагрузки передаются через цилиндрическую поверхность сопряжения с шаровой опорой. Добавляем восемь загрузок и начинаем задавать им силу по координатам. В каждом загрузке мы прикладываем силу к нашей поверхности и добавляем масштаб отображения, чтобы было более очевидно (рис. 3). Для каждого загрузке мы задаем свою нагрузку.

В APM FEM, нажимаем материал. Задаем всей детали материал — сталь (рис. 4).

Так как эта конструкция состоит из четырёх подбласти, область проектирования и интерфейсные области, их необходимо склеить. Переходим во вкладку контакт, выбираем склейка, и нажимаем автопоиск. Программа сама оформляет все в виде контактов. Теперь у нас появился контакт между частью конструкции и цилиндром, и сопряжением внизу.

Конечная элементная сетка — это совокупность точек (сеточных узлов), заданных в области некоторой функции. В APM FEM нажимаем генерация КЭ сетки и задаем параметры. Максимальная длина стороны элемента — 15 мм. Это хороший размер сетки для такой конструкции. Обязательно нужно выбрать 4-узловые тетраэдры, поскольку 10-узловые тетраэдры слишком усложняют расчет топологической оптимизации и не вносят точности в оптимизации. Ставим галочку — «Для топологической оптимизации», чтобы сетка была равномерная, для получения возможности построения равно толщиной сетки.

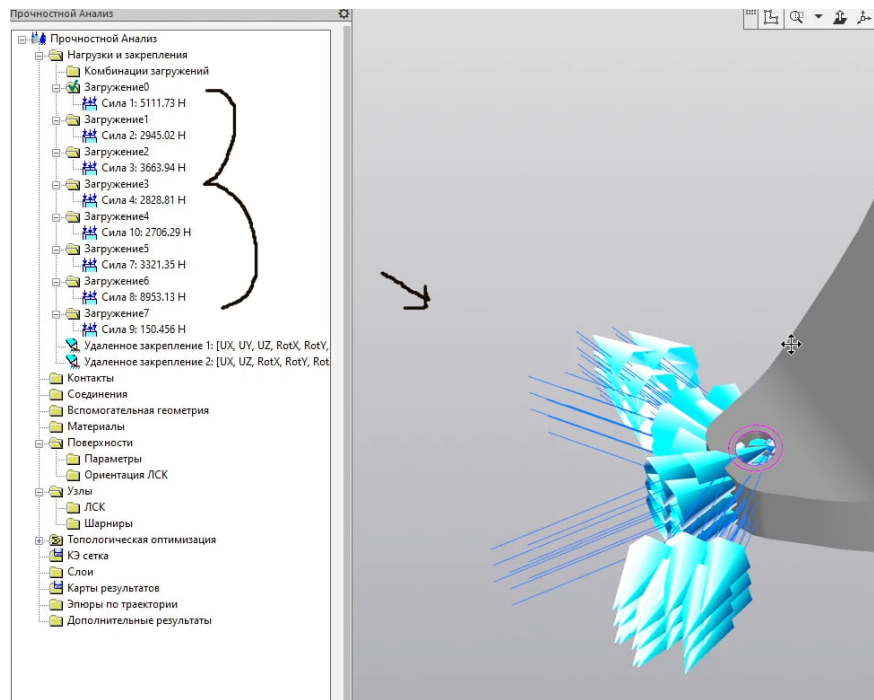


Рис. 3. Моделирование приложения нагрузок и задание восьми расчетных случаев загрузки передней подвески снегохода Фронтьер 1000

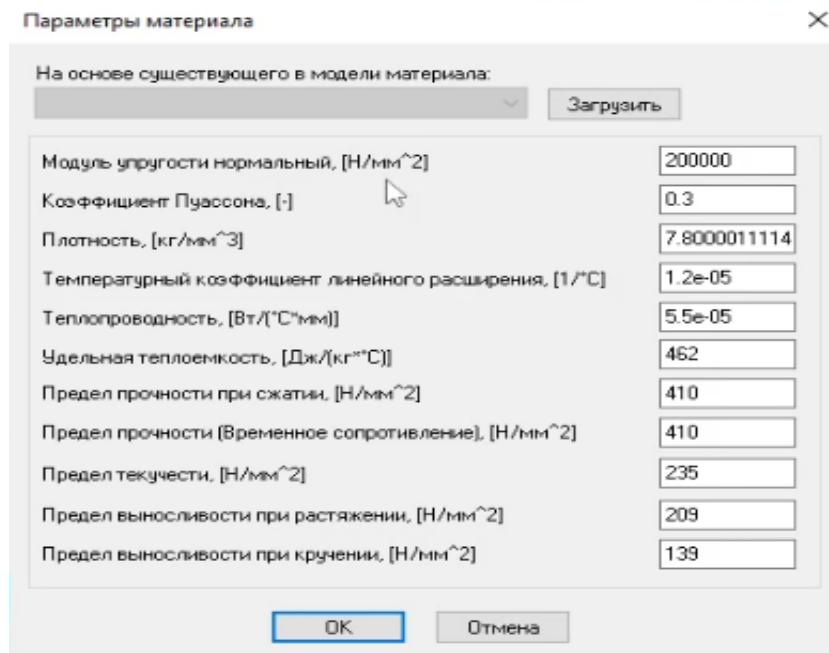


Рис. 4. Параметры материала в интерфейсе программы Компас-3D в модуле АРМ FEM

Ставим галочку и начинается генерация. Конечное элементное разбиение сетки см на рис. 5.

Статический расчет нужен для того, чтобы убедиться, что все сделано правильно. Во вкладке разбиение и расчет, нажимаем расчет, и отправляем нашу деталь на расчет линейной статики. После расчета открываем карту результатов для статического расчета (рис. 6).

Допустим, смотрим перемещения для загрузки 0. Перемещения составляют сотые доли миллиметра.

Одно из самых больших загрузок является загрузка 6. Смотрим напряжение. Они составляют 20 МПа. На самом деле для такой конструкции это очень маленькое напряжение. Как правило в них возникает напряжение 150–200 МПа, но не стоит забывать то, что перед нами имеется область проектирования, мы взяли по максимуму то пространство, в котором мы хотим распределить материал для нашей конструкции учитывая все зазоры, засечения с остальными частями снегохода.

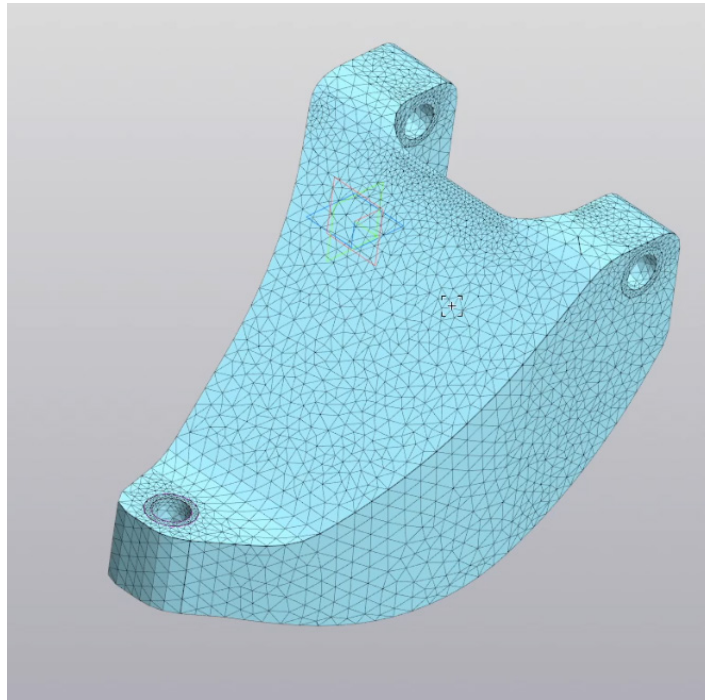


Рис. 5. КЭ сетка модели области проектирования верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000

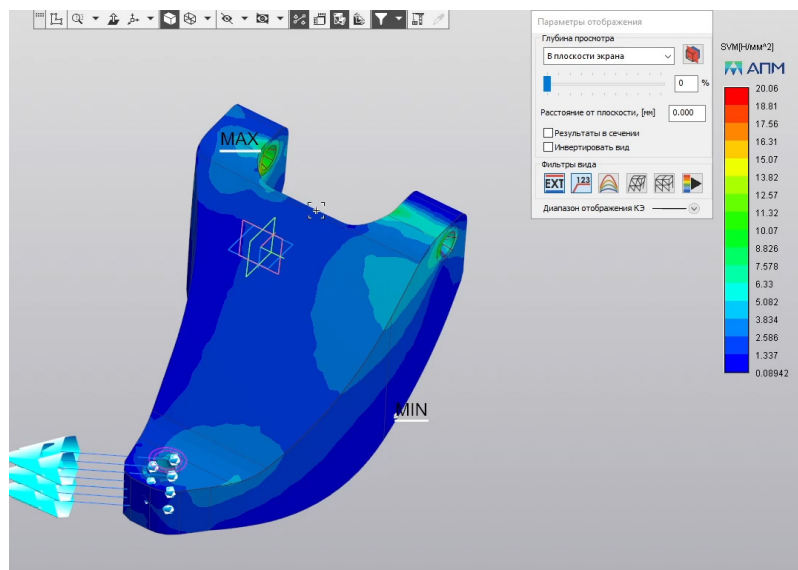


Рис. 6. Карта результатов расчета напряжений верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000

Мы посмотрели, что с точки зрения статического расчета все хорошо, и это значит, что деталь можно отправлять на топологическую оптимизацию. Наша задача найти конструкцию максимальной жесткости по всем расчетным случаям. Ограничения на объем 30 процентов. В разделе «Топологическая оптимизация» выбираем оптимизированную задачу «максимизация жесткости». Нам необходимо задать тело нашего рычага в качестве области проектирования. Задаем объем 30 процентов. Выбираем галочку «Ограничение минимальной толщины» и задаем равной двойной конечного элемента. Мы выбрали 15 мм значит мы задаем 30, а лучше даже 35.

В качестве расчетных случаев указываем каждое из нагружений, которые ввели ранее. В вкладке «топологическая оптимизация» Выбираем параметры расчета, указываем оптимизатор ОС. Количество итераций — 150. КЭ сетку нужно пересоздать чтобы обновились данные для топологической оптимизации. После этого отправляем на расчёт. Переходим в карту результатов, выбираем топологическая оптимизация — объемная доля (рис. 7).

Тут мы можем выбрать необходимую отсечку для тех конечных элементов, которые не понадобились, у них объёмная доля около 0. Отсечку возьмём около 0.65. Отсечек можно сделать несколько для построения

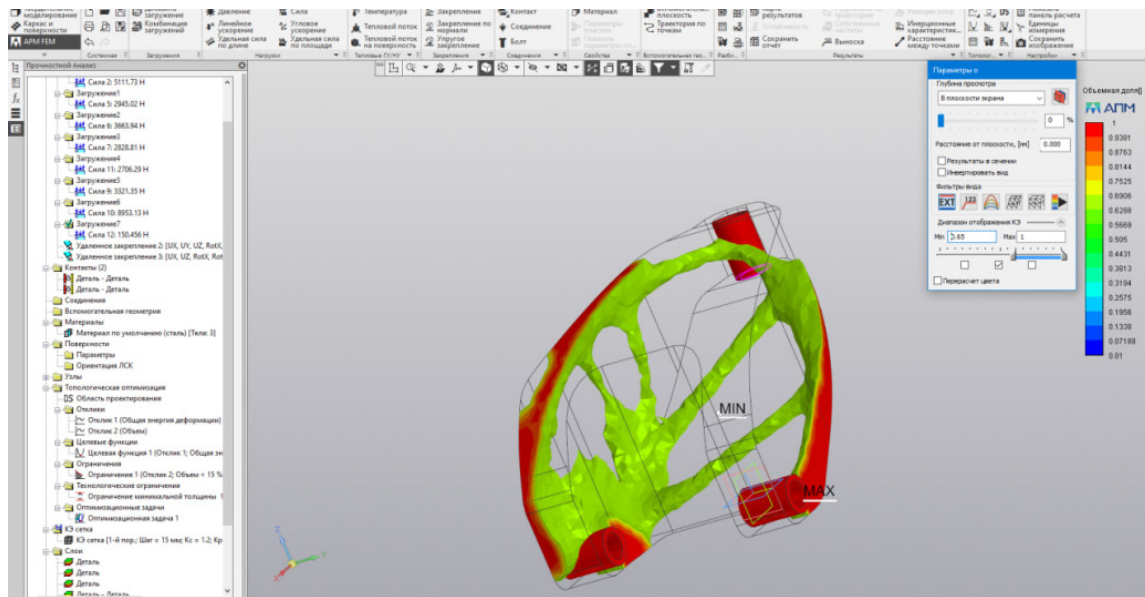


Рис. 7. Карта результатов топологической оптимизации верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000

полноценной детали. Мы получаем более наглядное изображение детали. Для того чтобы отправить готовый результат конструктору детали, мы можем экспортировать деталь в формате STL. После чего мы можем просмотреть деталь в любой программе для просмотра STL файлов.

В ходе работы над проектом мы провели топологическую оптимизацию верхнего рычага передней подвески снегохода Фронтьер 1000 на базе программного обеспечения Компас 3D и дополнения APM FEM, а также опи-

сали данный процесс. Вся используемая информация и рекомендации из данного проекта, может лечь в основу следующих проектов по оптимизации деталей подвески снегохода Фронтьер 1000. Предложенный метод можно использовать для эффективного решения задач по топологической оптимизации для нескольких материалов, минимизируя энергию деформации и обеспечивая конструкции с максимальной жесткостью. Развитием и дополнением текущего проекта видится в решении оптимизационной задачи «Минимизация массы».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Топологическая оптимизация конструкций — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/optimization> (дата обращения: 31.05.2024).
2. Дерунов, Г. П., Кириндас А. М., Ксенофонтов И. В. Машинная тяга саней. История русского снегохода // Рыбинск: Медиарост. — 2021.
3. Пуказов, Я. Г. Топологическая оптимизация рычага задней подвески Tesla Model S / Я. Г. Пуказов. — Текст: электронный // Личный сайт Ярослава Пуказова: [сайт]. — URL: <https://yaroslav.pukazov.ru/blog/topological-optimization-Tesla-Model-S-lever/> (дата обращения: 31.05.2024).
4. Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/apm-fem> (дата обращения: 31.05.2024).
5. КОМПАС-3D: О программе — официальный сайт САПР КОМПАС. — Текст: электронный // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС: [сайт]. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 31.05.2024).

Топологическая оптимизация направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 в APM FEM

Бурау Алексей Вадимович, учащийся 9-го класса
МОУ СОШ № 26 г. Рыбинска

Научный руководитель: Баранова Екатерина Дмитриевна, педагог дополнительного образования
Детский технопарк «Кванториум 76» (город Рыбинск) — Рыбинский филиал ГОАУ ДО ЯО Центра детско-юношеского технического творчества

Научный руководитель: Пуказов Ярослав Геннадьевич, инженер-конструктор
АО «Русская механика» (г. Рыбинск)

В статье автор описывает процесс по топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 в программном модуле APM FEM работающем на базе Компас-3D.

Ключевые слова: APM FEM, топологическая оптимизация, Компас-3D, задняя подвеска снегохода, направляющая рельса гусеницы, Фронтьер 1000.

Топологическая оптимизация — это метод инженерного анализа и проектирования, который позволяет оптимизировать форму и структуру объектов с использованием минимального количества материала. Суть этого метода заключается в анализе и изменении распределения материала внутри объекта с целью достижения оптимальных механических свойств при минимальной массе [1]. Топологическая оптимизация ориентирована на создание легких, прочных и жестких конструкций, что позволяет снизить затраты на материалы, улучшить производительность и эффективность объекта [2]. Важным аспектом этого метода является использование современных компьютерных технологий для проведения анализа и оптимизации формы и структуры объекта.

Целью данной работы являлось создание и топологическая оптимизация модели элемента задней подвески снегохода (направляющей рельсы гусеницы) и расчёт на прочность в программном комплексе APM FEM.

В задачи данного проекта входило исследование требований и условий эксплуатации, т. к. требования к подвеске могут существенно различаться в зависимости от конкретных условий эксплуатации снегохода. Необходимо было изучить требования к прочности, жесткости, амортизации и управляемости подвески для различных типов поверхностей, на которых будет эксплуатироваться снегоход [3]. Затем мы приступили к проектированию оптимизированной модели задней подвески снегохода Фронтьер 1000 с использованием программы Компас-3D [4]. Разработав первоначальную модель направляющей рельсы гусеницы, мы приступили к применению топологической оптимизации. Применить методику топологической оптимизации для определения оптимальной формы и распределения материала в конструкции подвески, получилось снизить массу подвески, сохраняя при этом нужные механические характеристики. Используя модуль APM FEM [5] который является расширением программы Компас-3D, удалось создать и проанализировать несколько вариантов оптимизированной модели подвески. Различные параметры

и условия были изменены для определения наилучшего решения. После анализа и тестирования разработанной оптимизированной модели подвески снегохода в различных условиях, мы провели оценку ее производительности и сравнили результаты с базовыми моделями. Это позволило определить эффективность применения топологической оптимизации.

Для топологической оптимизации необходимы были следующие программы: Компас-3D и APM FEM. После получения необходимых лицензий, мы приступили к процессу топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000 (рис. 1).

Направляющая рельса гусеницы — это металлическая балка или профильная труба, которая служит для удержания гусеницы снегохода в нужном положении и направлении. Она помогает предотвратить соскальзывание гусеницы с колес и обеспечивает ей оптимальное движение по поверхности. Направляющие рельсы гусеницы находятся на ведущих и поддерживающих колесах механизма, их конструкция может различаться в зависимости от типа и назначения снегохода [3].

Первый этап топологической оптимизации заключается в задании точек крепления направляющей рельсы, для этого необходимо указать координаты узлов, к которым она будет крепиться. Это обеспечит правильное фиксирование направляющей рельсы и передачу ей всех необходимых свойств для обеспечения требуемой работы. Переходим в APM FEM и выбираем «Удаленное закрепление» С помощью него мы сможем моделировать резино-металлические шарниры. Изучив принцип работы задней подвески снегохода, мы получили 6 удаленных закреплений, которые выделены красными линиями (рис. 2).

Для моделирования приложения нагрузок на направляющую рельсу гусеницы необходимо определить точки приложения сил и их амплитуду. Это позволит рассчитать напряжения и деформации в материале, направляющей рельсы и оценить ее работоспособность. Для каждого нагружения мы задали свою нагрузку. В итоге, наша деталь выглядит так (рис. 2).

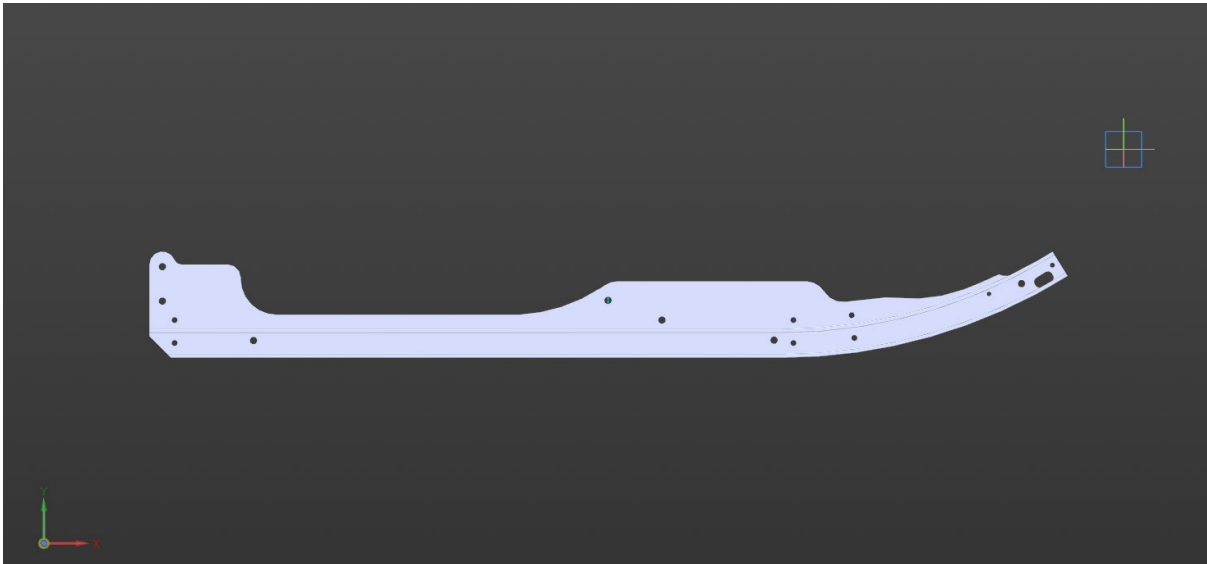


Рис. 1. Направляющая рельса гусеницы снегохода Фронтьер 1000

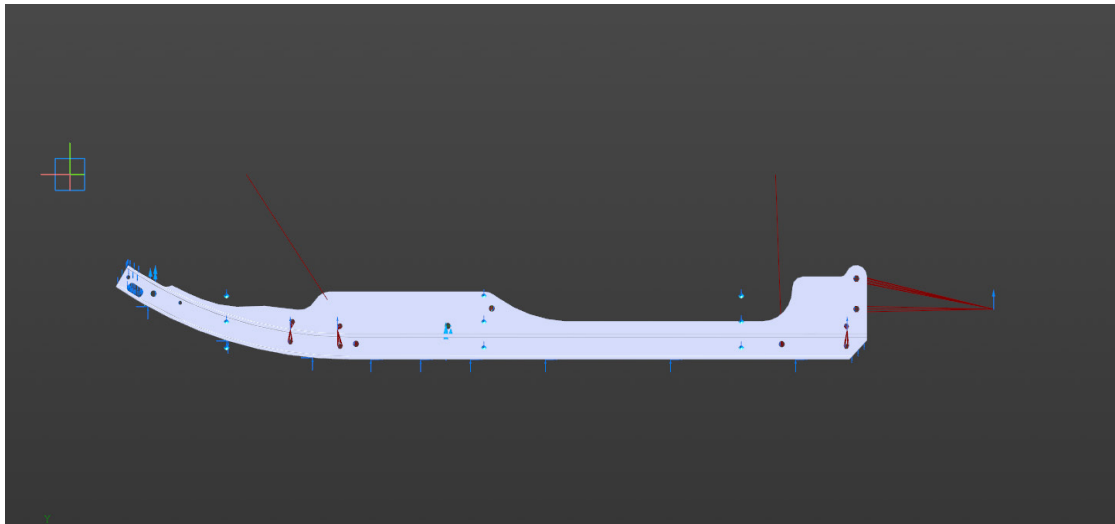


Рис. 2. «Удаленное закрепление» и нагрузку на направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

В АРМ FEM нажимаем материал. Задаем всей детали материал — сталь. Параметры материала указаны на рис.3.

Далее идет процесс генерации конечной элементной сетки. Конечная элементная сетка — это совокупность точек (сеточных узлов), заданных в области некоторой функции. В АРМ FEM нажимаем генерация КЭ сетки и задаем параметры. Максимальная длина стороны элемента — 5 мм. Это хороший размер сетки для такой конструкции. Обязательно нужно выбрать 4-узловые тетраэдры. Поскольку 10-узловые тетраэдры слишком усложняют расчет топологической оптимизации и не вносят точности в оптимизации. Ставим галочку — «Для топологической оптимизации», чтобы сетка была равномерная, для получения возможности построения равно толщиной сетки. Ставим галочку и начинается генерация (конечное элементное разбиение) (рис. 4).

Проведем статический расчет. Статический расчет нужен для того, чтобы убедиться, что все сделано пра-

вильно. Во вкладке разбиение и расчет, нажимаем расчет, и отправляем нашу деталь на расчет линейной статики. После расчета открываем карту результатов для статического расчета (рис. 5).

Допустим смотрим перемещения для загрузки «СнегРеакцияПеред». Перемещения составляют пару миллиметров. Одно из самых больших загрузок является загрузка «ВпередАсфальт+поворот». Смотрим напряжение. Они составляют 143 МПа. На самом деле для такой конструкции это очень маленькое напряжение. Как правило в них возникает напряжение 150–200 МПа. Мы посмотрели, что с точки зрения статического расчета все хорошо и это значит, что деталь можно отправлять на топологическую оптимизацию.

Наша задача найти конструкцию максимальной жесткости по всем расчетным случаям. Ограничения на объем 30 процентов. В разделе «Топологическая оптимизация» выбираем оптимизированную задачу «максимизация жесткости». Нам необходимо задать тело нашей

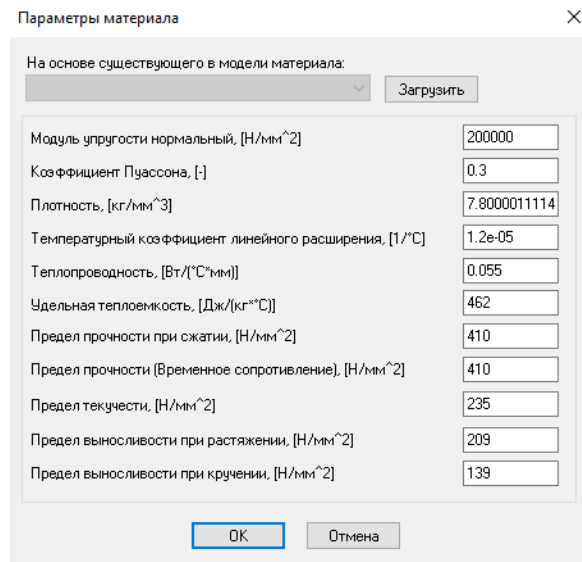


Рис. 3. Параметры материала в интерфейсе модуля APM FEM для Компас-3D

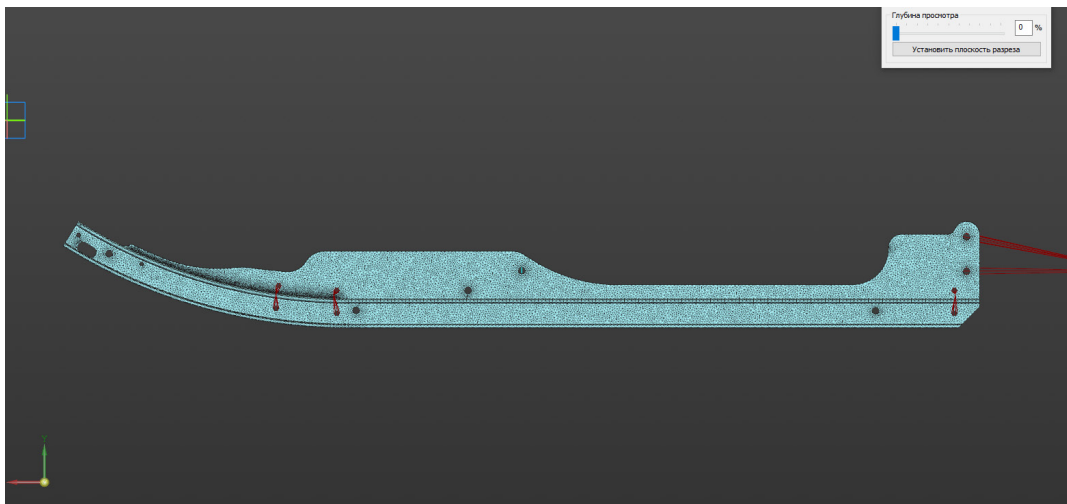


Рис. 4. КЭ сетка модели направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

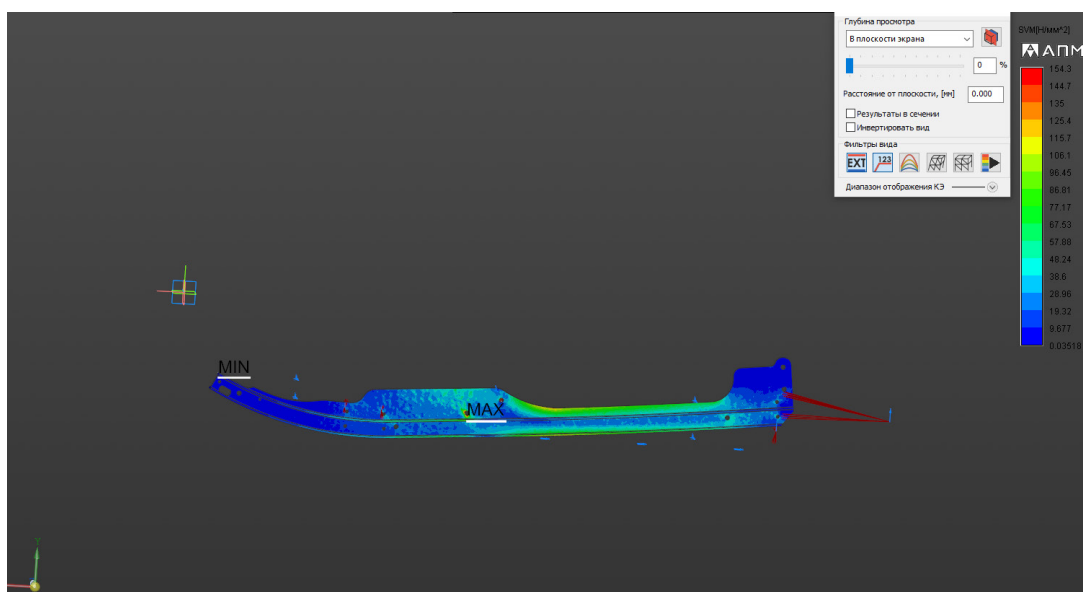


Рис. 5. Карта результатов расчета напряжений направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

направляющей рельсы в качестве области проектирования. Задаем объем 20 процентов. Выбираем галочку «Ограничение минимальной толщины» И задаем равной двойной конечного элемента. Мы выбрали 15 мм значит мы задаем 30, а лучше даже 40. В качестве расчетных случаев указываем каждое из загружений, которые

ввели ранее. Во вкладке «топологическая оптимизация» выбираем параметры расчета, указываем оптимизатор ОС. Количество итераций — 100. КЭ сетку нужно пересоздать чтобы обновились данные для топологической оптимизации. После этого отправляем на расчёт. После расчета мы получаем данное изображение (рис. 6):

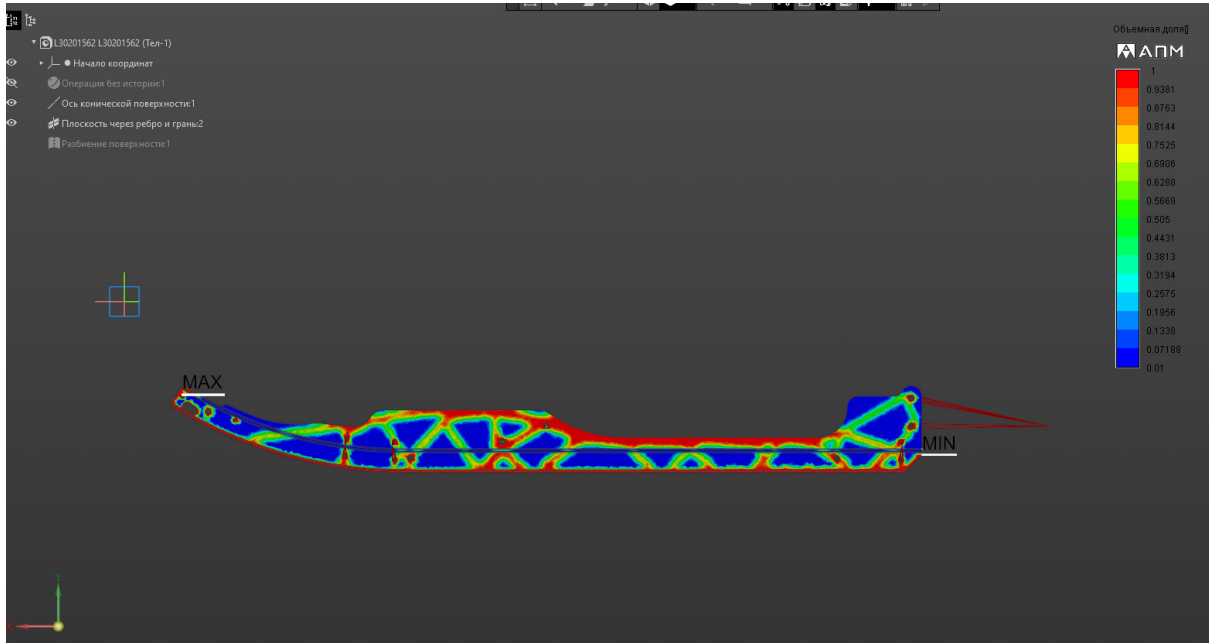


Рис. 6. Карта результатов топологической оптимизации направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

Синий окрас показывает, где мы имеем излишки металла, которые мы вырезаем с помощью функции «На-

звание». В итоге у нас получается конечный продукт (рис. 7):

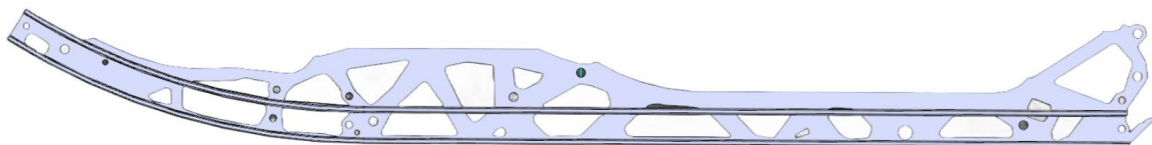


Рис. 7. Топологически оптимизированная направляющей рельсы гусеницы снегохода Фронтьер 1000

В ходе работы над проектом нам удалось провести топологическую оптимизацию на базе программного обеспечения Компас-3D и дополнения АРМ FEM, а также описать данный процесс. Используя информацию и рекомендации из данного проекта, любой желающий сможет использовать предложенный метод, который может

эффективно решать задачи топологической оптимизации для нескольких материалов, минимизируя энергию деформации и обеспечивая конструкции с максимальной жесткостью. Развитие и дополнение своего проекта в будущем видится в решении оптимизационной задачи «Минимизация массы».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Топологическая оптимизация конструкций — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/optimization> (дата обращения: 31.05.2024).
2. Пуказов, Я. Г. Топологическая оптимизация рычага задней подвески Tesla Model S / Я. Г. Пуказов. — Текст: электронный // Личный сайт Ярослава Пуказова: [сайт]. — URL: <https://yaruslav.pukazov.ru/blog/topological-optimization-Tesla-Model-S-lever/> (дата обращения: 31.05.2024).
3. Дерунов, Г. П., Кириндас А. М., Ксенофонтов И. В. Машинная тяга саней. История русского снегохода // Рыбинск: Медиарост. — 2021.

4. КОМПАС-3D: О программе — официальный сайт САПР КОМПАС. — Текст: электронный // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС: [сайт]. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 31.05.2024).
5. Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/arm-fem> (дата обращения: 31.05.2024).

Проект «Преобразователь энергии»

Зуев Кирилл Евгеньевич, учащийся 9-го класса
МБОУ «СОШ № 63» г. Чебоксары

Зуева Софья Евгеньевна, учащаяся 5-го класса
МБОУ «Лицей № 44» г. Чебоксары

Научный руководитель: *Зуева Наталия Алексеевна, кандидат технических наук, воспитатель*
МБДОУ «Детский сад № 206 «Антошка» г. Чебоксары

Научный руководитель: *Степанова Елена Васильевна, социальный педагог*
МБОУ «Карамышевская СОШ» Козловского муниципального округа Чувашской Республики

В статье автор показывает самые простые методы экономии электроэнергии. Рассказывает, как можно экономить, какую роль играет экономия энергии в сохранении экологии Земли и демонстрирует опытный макет «Преобразователь энергии».

Ключевые слова: бережное отношение, электрическая энергия, экологическая культура, жизнь человека, метод проектов, проблема энергосбережения, окружающая среда, этапы проектов, задачи, участники образовательного процесса, энергоресурсы, преобразователь энергии.

Тип проекта: познавательный, научно-исследовательский, информационный, практико-ориентированный «Дети — идея — природа — полученный результат».

Участники проекта: дети, взрослые, родители.

Сроки реализации: краткосрочный, декабрь.

Направленность: социально-педагогическая, экологическая.

Этапы проекта: 1 этап: подготовительный, 2 этап: основной, 3 этап: заключительный.

Актуальность проекта. Современная жизнь невозможна без электричества. Оно окружает нас повсюду: дома, на улице, в школе и детских домах. Электроэнергия – высочайшее достижение современной цивилизации. Она заменила свет керосиновых ламп и свечей на свет электрических лампочек, принесла в наш дом электронагреватели, кондиционеры, телевизор и радио, компьютер и интернет. Однако люди должны не просто ценить результаты деятельности человечества, но и стараться более экономично тратить энергоресурсы и по возможности ограничивать свои потребности. Ведь ограниченность энергетических ресурсов, негативное влияние на окружающую среду, связанное с её производством — все эти факторы приводят к выводу, что разумнее снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать её производство.

Главенствующую роль в этом процессе занимает экологическое воспитание, привитие навыков бережного отношения к энергоресурсам. Перед педагогами стоит важная задача воспитать новое поколение, которое будет понимать важность экономии энергоресурсов, ведь бережное отношение к ним гарантирует экологическую чистоту окружающего нас мира.

Одной из наиболее актуальных проблем современного мира является экономия электрической энергии, поиск способов сохранения энергоресурсов. Совместная работа над проектом:

- повысит интерес детей и их родителей к проблеме энергосбережения, расширит имеющиеся у них знания в данной области;
- будет способствовать укреплению детско-родительских отношений в процессе осуществления совместной деятельности.

Описание проблемы. Проблема разумного использования энергии является одной из главных проблем человечества. Как получить энергию, сэкономив полезные ископаемые планеты и не причиняя вреда окружающей среде. Энергосбережение — это не только экономия денег, но и забота о Планете. Каждый из нас является частью Планеты, поэтому любое наше действие или бездействие способно повлиять на развитие событий. Чтобы энергосбережение стало осознанной необходимостью у людей

нашей страны, мы должны с ранних лет говорить детям о том, что нужно беречь природные ресурсы.

Цель: расширение представления о происхождении энергии, воспитание у детей элементарной культуры энергосбережения с помощью создания модули «Преобразователь энергии».

Задачи: пропаганда энергосбережения; расширение знаний детей и их родителей о видах энергии; вовлечение ребенка и родителей в деятельность по практическому применению полученных знаний; создание возможностей для детской самореализации; создать мотивацию для сбережения ресурсов и энергии; развивать познавательный интерес детей в процессе деятельности, показать новизну работы, устанавливая причинно-следственную зависимость, учить умению делать выводы.

Ожидаемые результаты: мы уверены, что участники проекта научатся сами и поделятся своими знаниями с близкими: идеи сбережения электричества; энергосбережение – это образ жизни, что может изменить в решении проблем всего Земного шара.

Первый этап — подготовительный: анализ научной литературы по теме «Энергосбережение»; анкетирование других родителей «Умеете ли вы экономить энергию?»; определение цели и задач; создание необходимых условий для реализации проекта.

Второй этап — основной: внедрение в воспитательно-образовательный процесс эффективных мето-

дов и приемов по расширению знаний дошкольников об электричестве, его происхождении; ознакомление с предметным миром «Предметы, облегчающие жизнь человека в быту»; Ознакомление с предметным миром «Волшебное электричество»; просмотр мультфильмов «Фиксики-советы: осторожно, электричество!», «Экономьте электроэнергию!».

Последовательность работы: установка мотора 1, установка лампочки 1; фиксирование батареи, установка выключателя; соединение проводов в системе; включение системы 1 — свечение 1 лампочки; установка мотора 2, фиксация лампочки 2; стяжка резинок между двумя моторами; включение и освещение 2 лампочки.

Выводы: формирование первоначальных представлений: об электрическом токе и его роли в жизни человека; об энергии и энергоресурсах;

о необходимости бережного отношения к энергоресурсам; о простейших способах экономии электрической энергии; применение изученные правила эффективного энергопользования в быту; превращение энергии электрической энергии в механическую и обратно; создание новой модели; представление и демонстрация продуктов творчества детей новой модели «Преобразователь энергии».

Этап — опытно-экспериментальная работа. Проиллюстрируем это на рис. 1.



Рис. 1. Опытная деятельность

В результате проделанной работы мы смело можем сказать, что сегодня перед обществом стоит очень важная задача – изменить в сознании каждого гражданина стереотип, что природные энергоресурсы неисчерпаемы. Мышление взрослых изменить нельзя. Но детям можно помочь усвоить азы экологической культуры, бережного и заботливого отношения к богатствам земли, ко всему, что его окружает.

В поисках наиболее эффективных методов решения этой задачи мы остановились на методе проектов. Он способствует поддержке детской познавательной инициативы, развитию творческих и коммуникативных способностей, обеспечивает интеграцию образовательных областей и сочетание интересов всех участников

образовательного процесса: педагогов, детей, родителей. Именно метод проектов даёт возможность в увлечённой активной совместной деятельности познакомить каждого участника с такими понятиями, как «экономить», «беречь», «электроэнергия», «природные ресурсы» и приобщить детей к ценностям экологической культуры [1].

Наш опыт показал, что в силу наглядности мышления детей, результаты познания окружающего мира лучше всего реализуются в продуктивной деятельности и воплощаются в реальные продукты. Поэтому мы решили итоговым продуктом поисково-исследовательской деятельности детей по проблеме энергосбережения сделать макет практико-ориентированной направленности. Макет многофункционален и его применение в работе мо-

жет носить разноплановый характер. Он может служить как объектом, так и средством деятельности детей, даёт возможность обобщить и систематизировать знания

детей и одновременно выступает, как способ формирования познавательного интереса, эстетических чувств и творческих способностей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зуева, С. Е. Проект «Экономим энергию — бережем планету» / С. Е. Зуева // Всероссийский научно-педагогический журнал «Академия педагогических знаний», - Краснодар, Выпуск № 63, 2021 г., часть 5., с. 48.
2. Миронов, А. В. Экологическое воспитание младших школьников: учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Миронов, - Москва: Издательство Юрайт, 2024. -263 с.
3. Котова, О. В. Исследовательский проект «Экономим электроэнергию — бережем планету» / О. В. Котова, И. В. Сторублева. — Текст: электронный // Фестиваль педагогических идей «Открытый урок»: [сайт]. — URL: <https://urok.1sept.ru/articles/663978???history=6&pfid=1&sample=4&ref=0> (дата обращения: 25.08.2024).

Изготовление фонаря Джека

Лыткина Варвара Алексеевна, учащаяся 5-го класса

Научный руководитель: *Письменова Анастасия Владимировна, учитель иностранных языков
МОУ Иркутского районного муниципального образования «Хомутовская СОШ № 1»*

В статье автор исследует историю, обычаи, традиции, символы праздника Хэллоуин.

Ключевые слова: *праздник, Хэллоуин, символ праздника, тыква, Джек-фонарь, изготовление.*

В наше время люди с удовольствием готовятся к праздникам и украшают свои дома разными атрибутами праздника. Джек-фонарь является символом Хэллоуина. Моя работа поможет узнать, как изготовить Джек-фонарь.

Цель работы: научиться делать фонарь из тыквы

Задачи:

1. Изучить историю, обычаи и традиции, символы праздника Хэллоуин.
2. Изучить литературу об изготовлении фонаря из тыквы.
3. Изготовить «Джек-фонарь».
4. Оформить брошюру по изготовлению Джек-фонаря.

История праздника

В ночь с 31 октября на 1 ноября во многих странах мира празднуют Хэллоуин. Хэллоуин — один из древнейших праздников в мире. В этом странном празднике переплелись кельтская традиция чествования злых духов и христианская — поклонения всем святым.

История праздника Хэллоуин насчитывает тысячелетия, начиная от кельтского фестиваля Самхэйн, римского Дня Помоны и христианского Дня всех святых.

Столетия назад земли современной Великобритании и северной Франции населяли кельтские племена. Они были язычниками и как верховного бога почитали бога Солнца. Кельты делили год на две части — зимнюю и летнюю. В течение всей зимы бог Солнца находился в плену у Самхэйна, властелина мертвых и князя тьмы.

Фестиваль Самхэйна, который праздновался 1 ноября, — это время, когда начиналась зима. В это время

лето сменялось зимой, день — ночью, жизнь — смертью, и все барьеры между материальным и сверхъестественным мирами устранялись, ворота между ними открывались на одну ночь. В это время все нереализованные надежды и планы умерших вновь возвращались на землю, а их души спускались к родным очагам. Души умерших могли принимать разные обличья, злые вселялись в животных, а самые опасные — в котов. В этот день вся нечистая сила спускается на землю. Есть поверие, что если в полночь выйти на улицу, одевшись «шиворот-навыворот», и пройти задом наперед, то встретишь ведьму.

В начале нашей эры римляне завоевали кельтскую территорию, принеся с собой свои традиции и праздники. В ночь с 31 октября на 1 ноября они праздновали День Помоны — богини растений.

В IX веке, когда христианство распространилось на территории Великобритании, эти древние традиции смешались с еще одним праздником — католическим Днем всех святых — All Hallows Even, или All Hallows Eve. Позже его стали называть Hallowe`en, и в конце концов — Halloween.

Сегодня от древнего языческого праздника остался набор забавных увлекательных традиций. В эту ночь принято одеваться в костюмы нечистой силы и устраивать маскарады. Неотъемлемый символ Хэллоуина — тыквенная голова. Из тыквы удаляется внутренность, вырезается лицо и внутрь вставляется свеча. Тыква символизирует одновременно окончание сбора урожая, злого духа и огонь, отпугивающий его. Так странно концентрируются древние поверья в одном предмете. В эту ночь дети стучатся в дома с криками: «*Treat or trick!*» — «Угощай или пожалеешь!».

Джек-фонарь — символ Хэллоуина.

Почему именно тыкве выпала честь стать символом праздника? И кто такой Джек — обладатель необычного фонаря из тыквы?

Согласно старой ирландской легенде, старый фермер Джек смог дважды обмануть Дьявола, за что тот не стал забирать его душу в ад, и теперь неприкаянная душа крестьянина бродит по свету, освещая себе путь огоньком внутри недоеденной репы, чтобы ветер не задул огонь. Так Джек со светильником из репы стал символом проклятой души.

Жители Ирландии с древних времён верили, что призраки покидают свои могилы в день Хэллоуина, поэтому стали вывешивать «светильники Джека» у входных дверей, чтобы потусторонние силы не могли попасть в дом. Считалось, что фонариком из репы, как образом проклятой души, можно пугать призраков и отгонять их от жилищ.

После переселения ирландцев в Америку, традиция празднования Хэллоуина укрепились и в этой стране.

Но на новом континенте было недостаточно репы, зато тыква давала хорошие урожаи, что привело к замене одного овоща на другой, более доступный и дешевый. Поэтому в наше время именно тыква считается символом Хэллоуина.

Изготовление Джека-фонаря

Для изготовления Джека-фонаря мне понадобилось:

- Тыква
- Нож с острым и коротким лезвием. Если есть возможность, лучше всего сразу приобрести специальный набор для карвинга, который включает все необходимые инструменты.
- Ложка
- Шаблон
- Доска разделочная
- Маркер/карандаш
- Свеча. Не берите слишком высокую свечку, иначе верхняя стенка тыквы может подгорать.



Рис. 1. Приготовление инструментов

Алгоритм по вырезанию тыквы на Хэллоуин.

Сначала я выбрала тыкву. Затем помыла ее и высушила. Подобрала понравившийся мне шаблон, нанесла с помощью карандаша на тыкву.



Рис. 2. Нанесение узора на тыкву

Вырезала верхнюю часть тыквы с помощью ножа.



Рис. 3. Вырезание узора



Рис. 4. Внутренность вместе с мякотью

Вычистила тыкву внутри, оставляя толщину стенок около 3 сантиметров.



Рис. 5. Удаление мякоти



Рис. 6. Тыква без мякоти

Вырезала рисунок на тыкве.



Рис. 8. Готовый Джек-фонарь

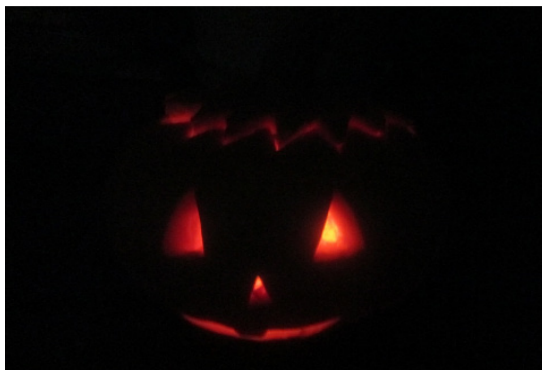


Рис. 9. Джек-фонарь со свечкой внутри

Вуаля! Джек-фонарь готов!

ЛИТЕРАТУРА:

1. Афанасьева, О. В. Английский язык. Учебник. 5 класс/ Под ред. О. В. Афанасьевой, И. В. Михеевой, К. М. Барановой — М.: Дрофа, 2018. — 176 с.: ил. — (Российский учебник: Rainbow English).
2. Озиева, А., Скотт О. Словарь русско-английский англо-русский / Под ред. И.Гордон, А. Кнокс — М.: Center-Com, 2003.-734
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ %D0 %A5 %D1 %8D %D0 %BB %D0 %BB %D0 %BE %D1 %83 %D0 %B8 %D0 %BD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%8D%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D1%83%D0%B8%D0%BD)
4. <https://vtomske.ru/news/187538-что-за-праздник-hellouin-kogda-nastupaet-i-pochemu-otmechayut-kanun-dnya-vseh-svyatyh>
5. <https://1l1.su/VI1p>

Опыт применения GitHub в топологической оптимизации поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000

Шадриков Матвей Михайлович, учащийся 10-го класса
МОУ СОШ № 4 г. Рыбинска

Научный руководитель: Баранова Екатерина Дмитриевна, педагог дополнительного образования
Детский технопарк «Кванториум 76» (город Рыбинск) — Рыбинский филиал ГОАУ ДО ЯО Центра детско-юношеского технического творчества

Научный руководитель: Пуказов Ярослав Геннадьевич, инженер-конструктор
АО «Русская механика» (г. Рыбинск)

В статье автор описывает процесс по топологической оптимизации поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000 в программном модуле APM FEM работающем на базе Компас-3D, а также опыт применения системы контроля версий Git, в связке с платформой GitHub, в данной работе.

Ключевые слова: APM FEM, топологическая оптимизация, Компас-3D, система контроля версий, Git, GitHub, передняя подвеска снегохода, поворотный кулак, Фронтьер 1000.

Топологическая оптимизация — это метод, используемый в инженерии и производстве, который позволяет оптимизировать форму и структуру объектов с использованием минимального количества материала. Этот метод основан на анализе и изменении распределения материала внутри объекта с целью достижения оптимальных механических свойств при максимальной жесткости или минимальной массе конструкции [1]. В процессе работы над проектом проведен анализ существующих моделей подвесок снегоходов и исследованы их характеристики с целью определения проблемных зон и улучшения их производительности [2]. Рассмотрены алгоритмы топологической оптимизации и функционирование реализующего их программного обеспечения. Затем применена методика топологической оптимизации для определения оптимальной формы и структуры подвески, учитывая механические нагрузки, требования к прочности и жесткости [3].

В данной работе мы рассматривали практическое применение российских программ для 3D-моделирования и инженерного анализа в связке с системой контроля версий Git на примере детали поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000. Цель работы — освоить инструменты для создания модели, проведения расчетов на прочность и оптимизации ее конструкции, а также перенести опыт работы с системой контроля версий Git из среды разработки программного обеспечения в среду разработки инженерных конструкций. Для создания трехмерной модели поворотного кулака мы использовали отечественную САПР КОМПАС-3D [4]. Анализ прочности и топологическая оптимизация была выполнена в специализированном модуле — системе прочностного анализа APM FEM [5], которая интегрируется с КОМПАС-3D. Контроль версий мы производили в системе Git [6], а хранение версий вели через платформу GitHub [7].

Разработка улучшенной модели поворотного кулака снегохода состояла из нескольких этапов: 1) анализ требований; 2) проектирование базовой модели; 3) оптимизация формы и распределения материала; 4) создание и анализ оптимизированной модели; 5) тестирование и сравнение.

Для моделирования, анализа прочности и топологической оптимизации необходимы были следующие программы и аппаратное обеспечение: КОМПАС-3D, APM FEM, Git, GitHub, компьютер с операционной системой Windows 10 или 11, обладающий 8 Гб оперативной памяти, видеокарта с поддержкой OpenGL 2, остальные параметры минимально возможной конфигурации компьютера для установки и запуска КОМПАС-3D определяются минимальным системным требованиям для соответствующих операционных систем.

Для удобства работы над проектом и хранения всех данных был создан репозиторий на платформе GitHub. Исходные файлы с геометрией деталей снегохода, любезно предоставленные производителем АО «Русская механика», были загружены в данный репозиторий (рис. 1). Для взаимодействия с репозиторием и синхронизации файлов использовалось бесплатное приложение GitHub Desktop. Все промежуточные и финальные результаты работы также сохранялись в этом репозитории, что обеспечило удобство доступа и контроля версий проекта.

Получив доступ к необходимому программному обеспечению, мы приступили к углубленному изучению теоретических основ топологической оптимизации (рис. 2). Особое внимание было уделено принципам работы алгоритмов и их практической реализации в программном коде (рис. 3).

Вооружившись знаниями, мы смогли перейти к практической части проекта — топологической оптимизации рычага подвески снегохода. На представленной трехмерной модели снегохода отчетливо виден поворотный кулак (рис. 4) — деталь сложной формы, играющая ключевую

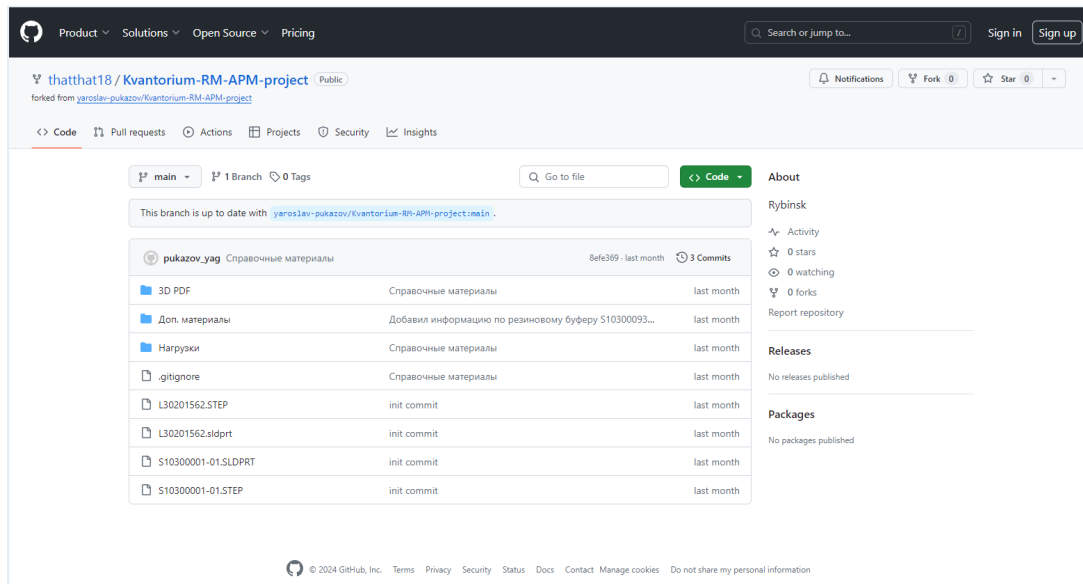


Рис. 1. Открытый репозиторий на платформе GitHub с исходными и расчетными данными и файлами проекта

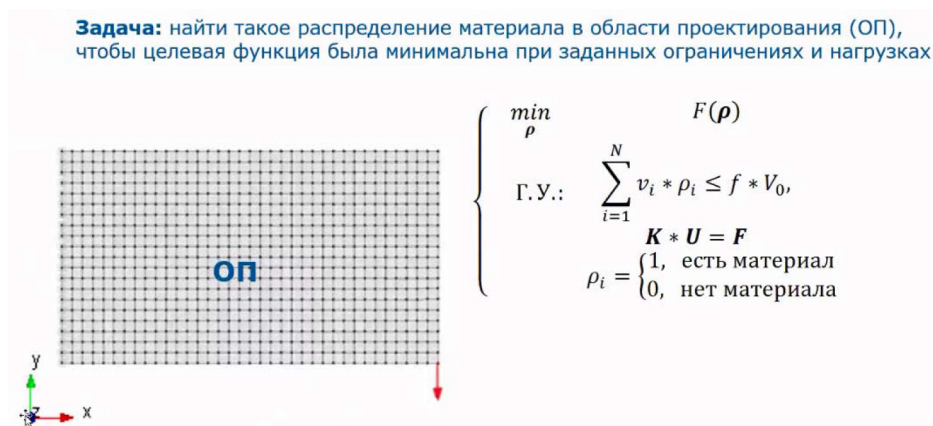


Рис. 2. Теоретические основы топологической оптимизации

чевую роль в работе передней подвески. Располагаясь в ее нижней части, поворотный кулак служит связующим звеном между несколькими важными компонентами: рама снегохода (верхняя часть поворотного кулака прочно закреплена на раме, обеспечивая необходимую подвижность всей конструкции подвески), амортизатор и пружина (несмотря на то, что крепление амортизатора на представленной модели отсутствует, логично предположить его соединение с поворотным кулаком или с непосредственно примыкающим к нему рычагом подвески), шаровая опора (в нижней части поворотного кулака отчетливо просматривается сопряжение с шаровой опорой, через которую происходит передача нагрузок между лыжей и рамой снегохода, обеспечивая контакт лыжи с поверхностью и гашение вибраций).

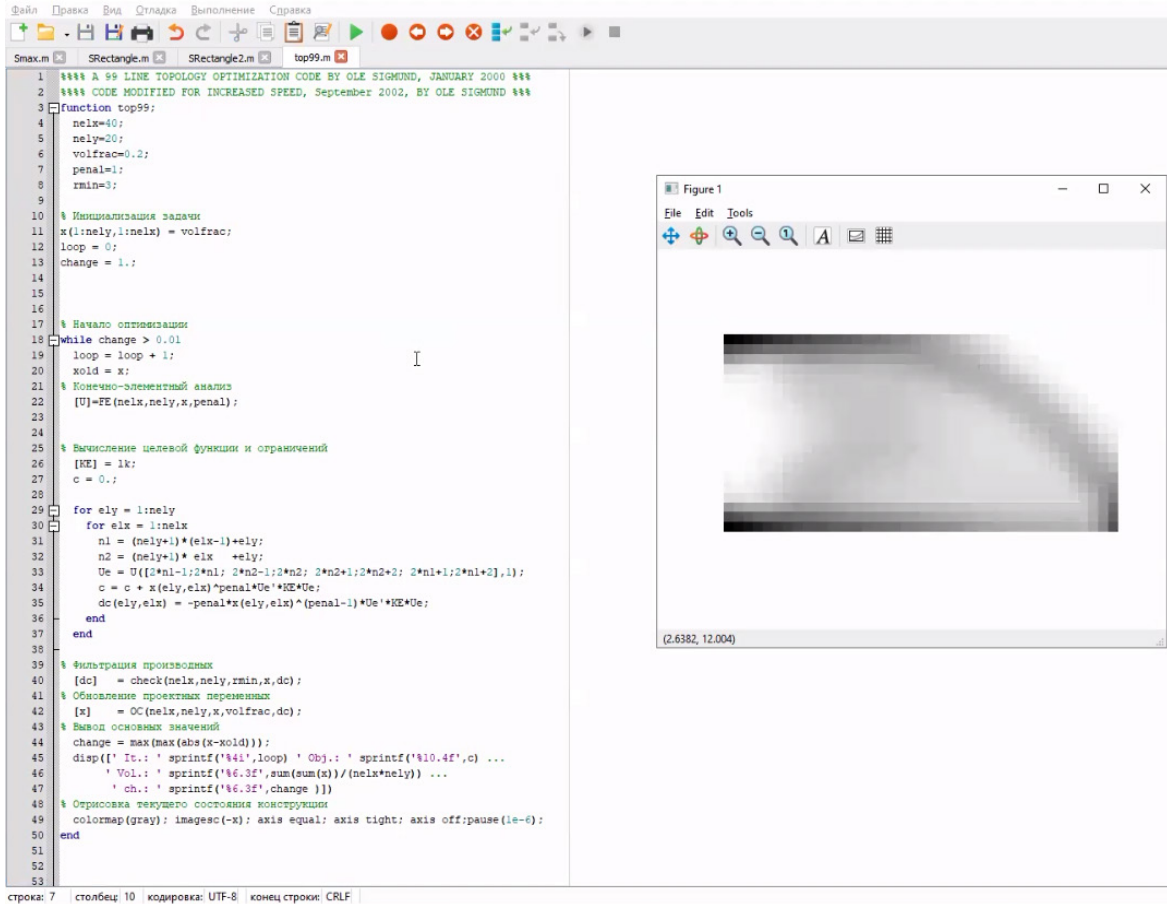
Таким образом, поворотный кулак представляет собой важнейший элемент передней подвески снегохода, от его прочности, жесткости и массы напрямую зависят ходовые качества и управляемость машины. Именно поэтому данный элемент был выбран в качестве объекта топологической оптимизации. Применение данного метода позволит снизить вес поворотного кулака без ущерба для

его функциональных свойств, что положительно скажется на общих характеристиках снегохода.

Можно приступить к основным этапам создания расчетной модели. Переходим в APM FEM и выбираем «Удаленное закрепление». С помощью него мы сможем моделировать резинометаллические шарниры. Задаём удалённые закрепления со следующими параметрами (рис. 5).

Также необходимо закрепить деталь снизу. Фиксируем вращение только по Y. Затем задаём загрузки на поворот лыжи. Также задаём загрузки на сопротивление движению передающиеся от лыжи. Всего их 3 (рис. 6).

Следующим шагом будет создание комбинаций загрузок для нашей детали (рис. 7). Важно задать максимально возможное количество корректных комбинаций, так как это напрямую влияет на точность оптимизации. Чем больше вариантов нагрузок мы учтем, тем эффективнее и надежнее будет итоговый дизайн. При подборе комбинаций загрузок учитываются как стандартные сценарии эксплуатации детали, так и ситуации с повышенными нагрузками, например, езда по асфальту, где трение значительно возрастает.



```

1  %%% A 99 LINE TOPOLOGY OPTIMIZATION CODE BY OLE SIGMUND, JANUARY 2000 %%%
2  %%% CODE MODIFIED FOR INCREASED SPEED, September 2002, BY OLE SIGMUND %%%
3  function top99;
4  nelx=40;
5  nely=20;
6  volfrac=0.2;
7  penal=1;
8  rmin=3;
9
10 % Инициализация задачи
11 x(l:nely,1:nelx) = volfrac;
12 loop = 0;
13 change = 1.;
14
15
16
17 % Начало оптимизации
18 while change > 0.01
19   loop = loop + 1;
20   kold = x;
21   % Конечно-элементный анализ
22   [U]=FE(nelx,nely,x,penal);
23
24
25 % Вычисление целевой функции и ограничений
26 [KE] = 1k;
27 c = 0.;
28
29 for e1y = 1:nely
30   for e1x = 1:nelx
31     n1 = (nely+1)*(e1x-1)+e1y;
32     n2 = (nely+1)* e1x +e1y;
33     Ue = U((2*n1-1:2*n1; 2*n2-1:2*n2; 2*n2+1:2*n2+2; 2*n1+1:2*n1+2),1);
34     c = c + x(e1y,e1x)*penal*Ue'*KE*Ue;
35     dc(e1y,e1x) = -penal*x(e1y,e1x)^(penal-1)*Ue'*KE*Ue;
36   end
37 end
38
39 % фильтрация производных
40 [dc] = check(nelx,nely,rmin,x,dc);
41 % Обновление проектных переменных
42 [x] = OC(nelx,nely,x,volfrac,dc);
43 % Вывод основных значений
44 change = max(max(abs(x-kold)));
45 disp([' It.: ' sprintf('%4i',loop) ' Obj.: ' sprintf('%10.4f',c) ...
46       ' Vol.: ' sprintf('%6.3f',sum(sum(x))/(nelx*nely)) ...
47       ' ch.: ' sprintf('%6.3f',change) ])
48 % Отрисовка текущего состояния конструкции
49 colormap(gray); imagesc(x); axis equal; axis tight; axis off; pause(1e-6);
50 end
51
52
53

```

Рис. 3. Реализация алгоритма топологической оптимизации в программном коде

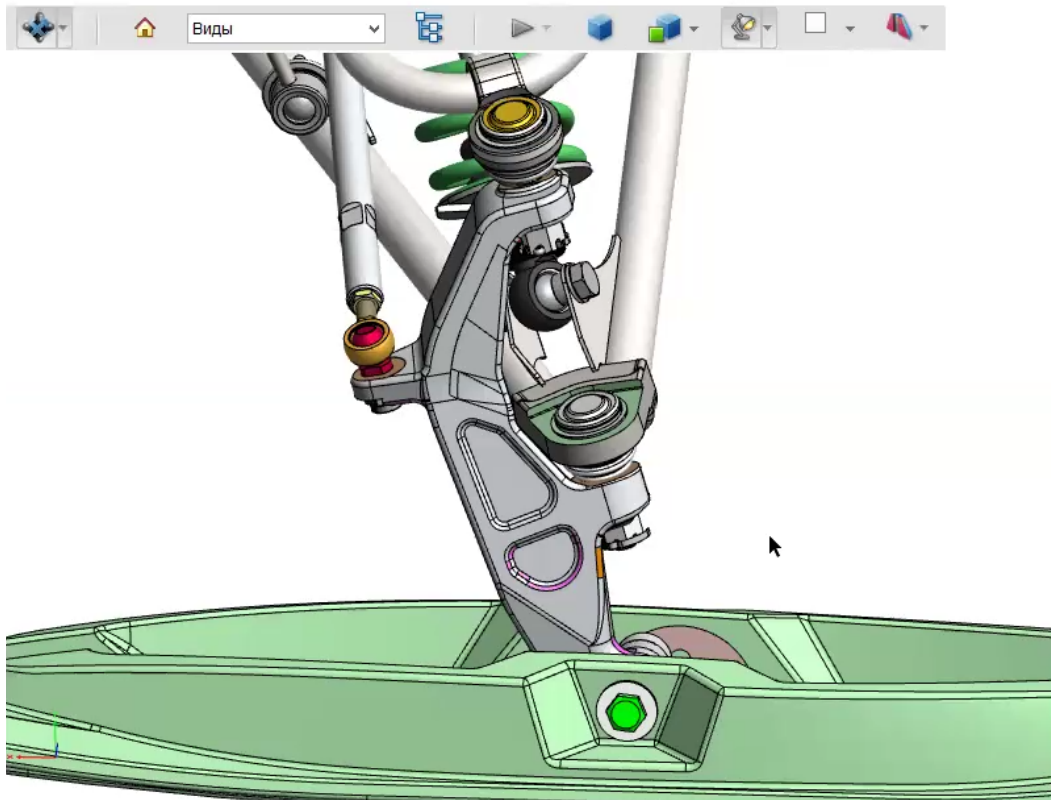


Рис. 4. Поворотный кулак передней подвески снегохода Фронтьер 1000

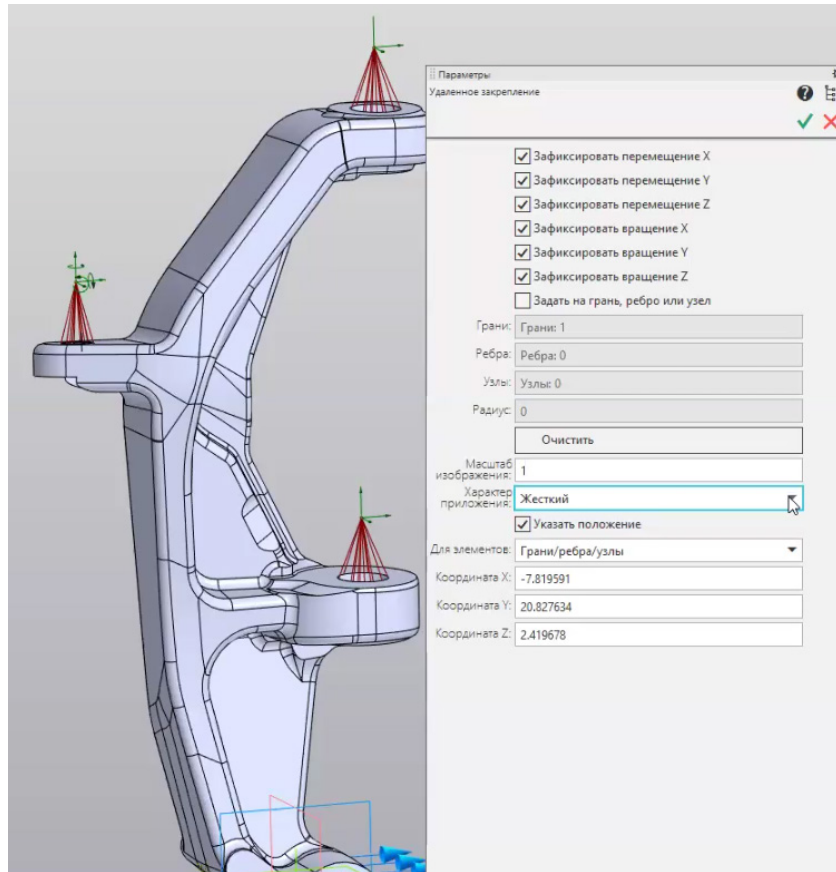


Рис. 5. «Удаленное закрепление» на поворотном кулаке передней подвески снегохода Фронтьер 1000

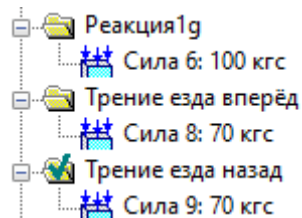


Рис. 6. Нагрузки на поворотном кулаке передней подвески снегохода Фронтьер 1000

В программе APM FEM выбираем раздел «Материал» и назначаем для всей детали материал «Материал на основе Д16Т». Не забудьте указать все необходимые параметры этого материала (рис. 8).

Конечно-элементная сетка — это основа для проведения расчетов методом конечных элементов. Она представляет собой набор точек (узлов сетки), соединенных между собой линиями, которые формируют конечные элементы. На каждом из этих элементов определены функции формы, необходимые для аппроксимации решения. Чтобы сгенерировать КЭ сетку в программе APM FEM, перейдите в раздел «Генерация КЭ сетки» и укажите необходимые параметры. Устанавливаем максимальную длину стороны элемента равной 10 мм. Это оптимальный размер сетки для данной конструкции, обеспечивающий баланс между точностью расчета и вычислительной сложностью. Важно: выбираем 4-узловые тетраэдры, поскольку 10-узловые элементы значительно увеличивают время расчета топологической оптимизации без суще-

ственного повышения точности. Ставим галочку «Для топологической оптимизации», чтобы получить равномерную сетку, необходимую для корректного построения равнотолщинных элементов. Запускаем генерацию КЭ сетки. Теперь у нас есть готовое конечно-элементное разбиение для дальнейших расчетов (рис. 9).

Перед тем как перейти к оптимизации, важно убедиться в корректности созданной модели и настроек. Для этого проводим статический расчет. Во вкладке «Разбиение и расчет» нажимаем кнопку «Расчет» и выбираем тип расчета «Линейная статика». После завершения расчета, открываем карту результатов для анализа полученных данных (рис. 10).

Проанализируем полученные результаты, например, изучим карту перемещений для загрузки 0. Это позволит нам оценить поведение конструкции под действием данной нагрузки и выявить потенциальные проблемные зоны. Перемещения составляют сотые доли миллиметра. Полученные максимальные напряжения составляют 20

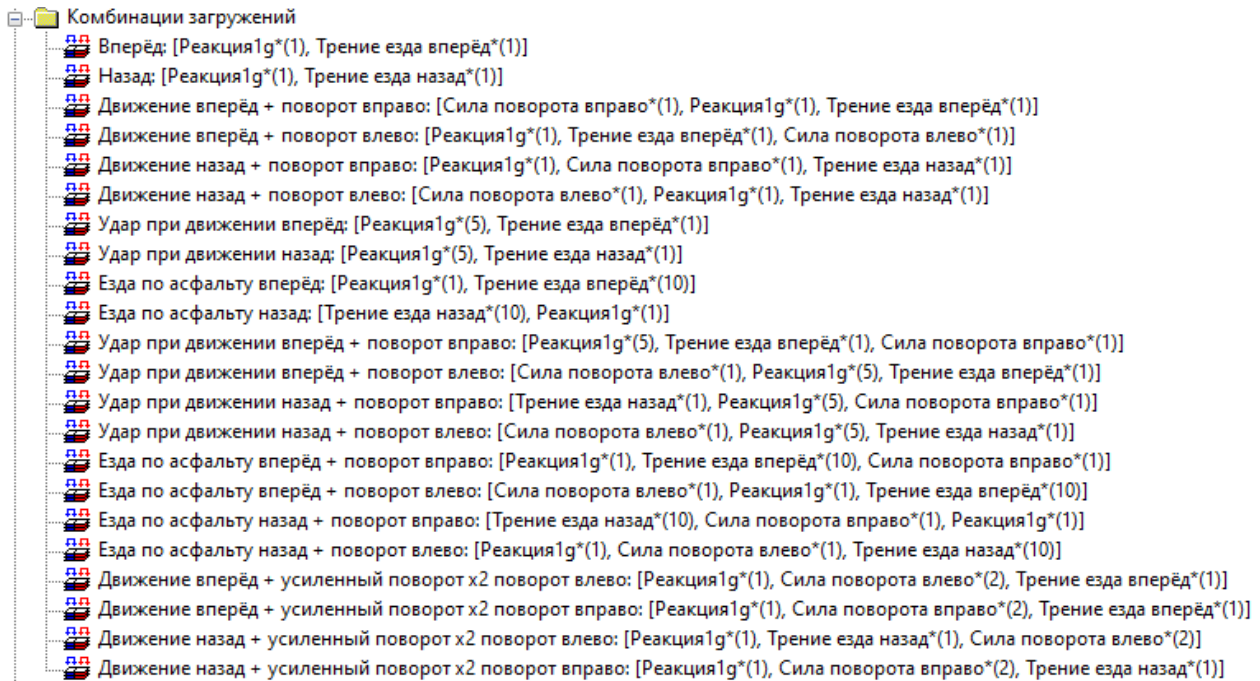


Рис. 7. Комбинации загрузжений на поворотном кулаке передней подвески снегохода Фронтьер 1000

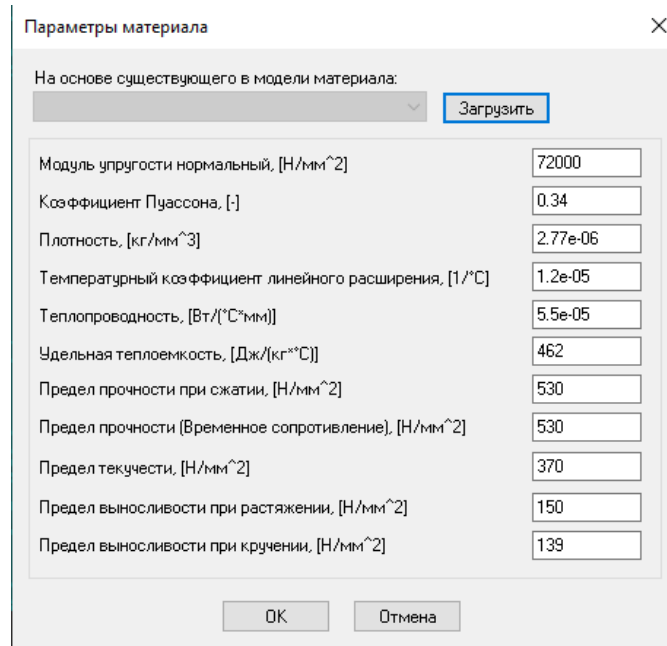


Рис. 8. Параметры материала поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000

МПа. Важно отметить, что для подобных конструкций в реальных условиях эксплуатации типичны значения напряжений порядка 150–200 МПа. Статический расчёт показал корректность модели и настроек, поэтому мы можем перейти к этапу топологической оптимизации.

Целью топологической оптимизации является поиск наиболее жесткой конструкции с учетом заданных ограничений. Основные параметры оптимизации: 1) максимизация жесткости по всем расчетным случаям; 2) ограничение по объему 30 % от объема исходной заготовки (значение по умолчанию); 3) максимальные напряжения не должны превышать предел текучести материала.

Настройка параметров в программе: 1) в разделе «Топологическая оптимизация» выбираем задачу «Максимизация жесткости»; 2) указываем тело заготовки рычага в качестве области проектирования; 3) задаем ограничение по объему — 30 %; 4) активируем опцию «Ограничение минимальной толщины»; 5) устанавливаем минимальную толщину равной 20 мм (двойной габарит конечного элемента с учетом выбранного шага сетки 10 мм). Такая настройка позволит получить оптимизированную конструкцию с учетом технологических ограничений на минимальную толщину стенок. В качестве расчетных случаев указываем каждое из загрузжений, ко-

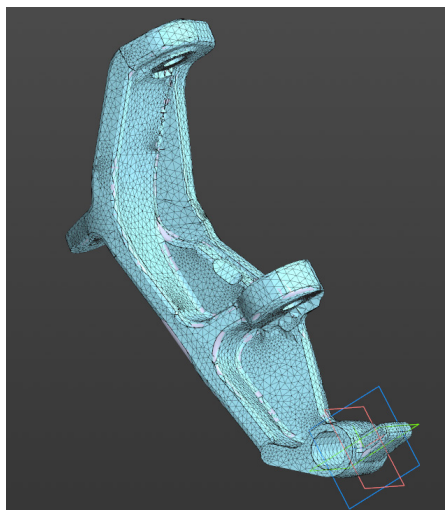


Рис. 9. КЭ сетка модели поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000

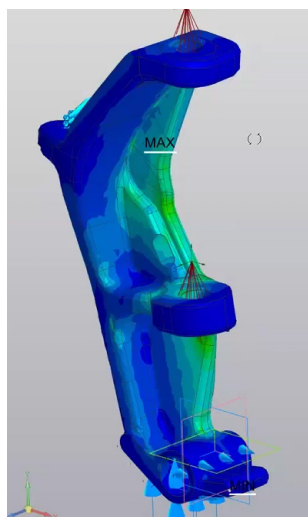


Рис. 10. Карта результатов расчета напряжений поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000

торое ввели ранее. Во вкладке «Топологическая оптимизация» выбираем параметры расчета, указываем оптимизатор «ОС». Количество итераций по умолчанию — 150. Перед запуском топологической оптимизации необходимо регенерировать конечно-элементную сетку, чтобы обновить данные для расчета.

После завершения первого этапа оптимизации анализируем полученную модель. Для более детального контроля напряжений добавляем отклик «Глобальное напряжение» для всех расчетных случаев. Устанавливаем ограничение по напряжению с запасом, чтобы визуально контролировать зоны повышенных напряжений. Для повышения эффективности оптимизации изменяем алгоритм на «NLOPT_NEW».

Переходим в карту результатов, выбираем тип расчета «Топологическая оптимизация» — объемная доля. На данном этапе мы можем оптимизировать геометрию, удаляя конечные элементы с объемной долей близкой к 0. Это позволит избавиться от «лишнего» материала, который практически не участвует в работе конструкции. Установим значение отсечки 0.65. Это позволит убрать

элементы с низкой плотностью материала и получить более четкую картину распределения материала в оптимизированной конструкции. Для более детальной проработки геометрии детали можно выполнить несколько итераций с разными значениями отсечки. В результате мы получим наглядную модель оптимизированной детали (рис. 11), готовую к дальнейшему анализу и доработке.

Финальный контроль и экспорт модели: проверка напряжений (перед экспортом модели необходимо убедиться, что максимальные напряжения во всех расчетных случаях не превышают предел текучести материала при заданном ограничении по объему (30 %)), экспорт модели (готовую модель детали можно экспортировать в формате STL для передачи конструктору), просмотр модели (файл STL можно открыть и просмотреть в любой программе для работы с 3D-моделями). Таким образом, мы получили оптимизированную модель детали, готовую для дальнейшей работы конструктора.

В ходе данного проекта удалось углубить знания в области топологической оптимизации, изучив теоретические основы, освоив программное обеспечение КОМ-

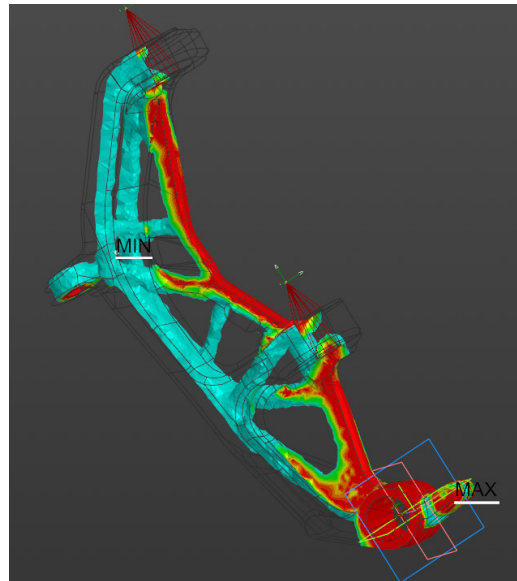


Рис. 11. Карта результатов топологической оптимизации поворотного кулака передней подвески снегохода Фронтьер 1000

ПАС-3D с приложением APM FEM и подробно описав весь процесс оптимизации и контроля версий с помощью Git. Предложенный метод, основанный на минимизации энергии деформации, позволяет эффективно находить оптимальные конструктивные решения с максимальной жесткостью при заданных ограничениях на объем и напряжения. Результаты проекта, включая исходный

код и примеры применения, опубликованы в публичном репозитории GitHub. Дальнейшее развитие проекта видится в реализации дополнительных возможностей, таких как: решение задачи оптимизации по критерию минимальной массы, а также исследование и внедрение алгоритмов многокритериальной оптимизации для учета различных противоречивых требований к конструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Топологическая оптимизация конструкций — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/optimization> (дата обращения: 31.05.2024).
2. Дерунов, Г. П., Кириндас А. М., Ксенофонтов И. В. Машинная тяга саней. История русского снегохода // Рыбинск: Медиарост. — 2021.
3. Пуказов, Я. Г. Топологическая оптимизация рычага задней подвески Tesla Model S / Я. Г. Пуказов. — Текст: электронный // Личный сайт Ярослава Пуказова: [сайт]. — URL: <https://yaroslav.pukazov.ru/blog/topological-optimization-Tesla-Model-S-lever/> (дата обращения: 31.05.2024).
4. КОМПАС-3D: О программе — официальный сайт САПР КОМПАС. — Текст: электронный // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС: [сайт]. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 31.05.2024).
5. Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D — НТЦ «АПМ». — Текст: электронный // Инженерные расчеты для машиностроения и строительства — НТЦ «АПМ»: [сайт]. — URL: <https://apm.ru/apm-fem> (дата обращения: 31.05.2024).
6. Chacon, S., Straub B. Pro git. — Springer Nature, 2014. — с. 456.
7. GitHub: Let's build from here · GitHub. — Текст: электронный // GitHub: [сайт]. — URL: <https://github.com/> (дата обращения: 31.05.2024).

Юный ученый

Международный научный журнал
№ 8 (82) / 2024

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
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 18.09.2024. Дата выхода в свет: 21.09.2024.
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.