

12+

ISSN 2221-2353

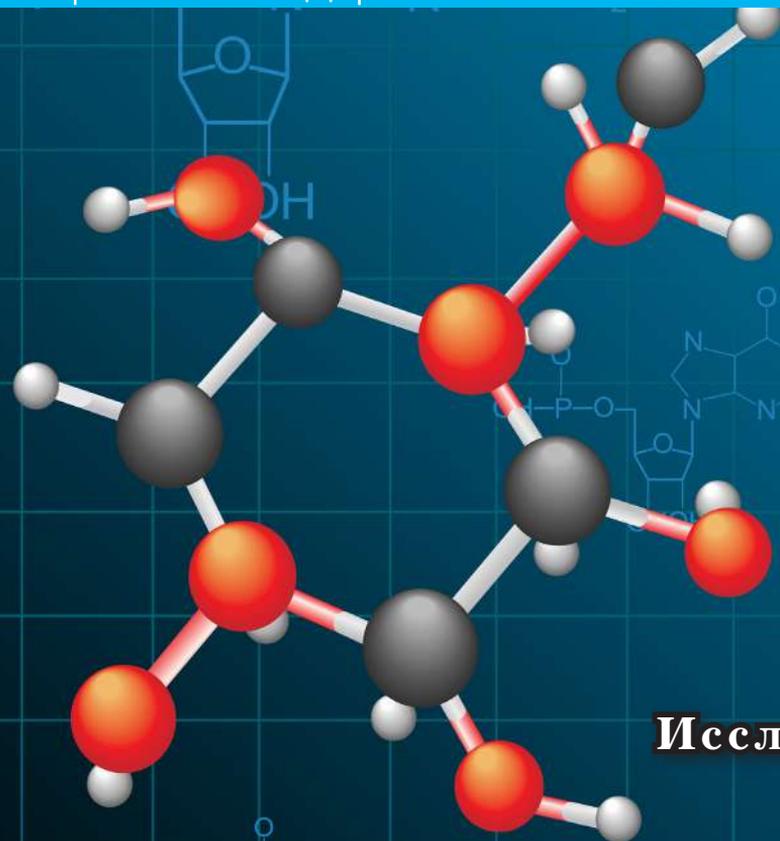
**Химия Биология Медицина**

# ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Июль-Сентябрь 2021 №3 (81)



**Химия**

**Биология**

**Медицина**

**Олимпиады**

**Исследовательская  
деятельность**

**Профильное  
образование**

**Эксперимент**

**Калейдоскоп**



## ПРОЕКТНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА

– это уникальное соревнование для школьников 8-11 классов, в рамках которого участники получают возможность познакомиться с другой стороной химии, изучаемой в школе. Здесь задачи и расчеты – не цель, а лишь средство для практической реализации проекта на предложенную тему. Участникам олимпиады придется показать не только свои знания, но и умение работать руками, продемонстрировать знания техники химического эксперимента.

Олимпиада состоит из двух этапов. После успешного прохождения первого, отборочного этапа, на котором каждому участнику предложат решить ряд теоретических задач, относящихся к неорганической, физической и органической химии, вы попадете на второй, заключительный этап, который, в свою очередь состоит из проектного и практического тура.

В первом туре заключительного этапа главная цель каждого участника – найти оптимальные методы решения конкретной практической задачи и защитить свою работу перед членами жюри – студентами, аспирантами и преподавателями МГУ.

После защиты работ начинается самое сложное и интересное – практическая реализация: органический и неорганический синтез, анализ полученного продукта или реального объекта, а главное, незабываемый опыт работы в настоящей лаборатории, который получит каждый добравшийся до финала. Ну и конечно же, ценные призы от спонсоров Олимпиады, куда же без них.

Поэтому если вы, как и мы, любите химию с ее невероятно красочными экспериментами, тогда скорее регистрируйтесь по ссылке: <https://chemolymp.ru/reg!>



Больше фотографий на 3-й странице обложки.

# ПОТЕНЦИАЛ

## Химия Биология Медицина

### Содержание Июль-Сентябрь № 3 (81) 2021

#### Колонка редактора

- 2 Осенние развлечения. *Н.И. Морозова*

#### Химия

- 3 Материал тысячи применений. *И.Н. Жукова*  
9 Структурные сёстры  $\text{Ce}^{\text{IV}}(\text{OH})\text{PO}_4$  и  $\text{Ce}^{\text{IV}}_2\text{O}(\text{PO}_4)_2$ :  
неорганический генезис. *К.В. Биричевская,*  
*Т.О. Козлова, А.Е. Баранчиков*

#### Биология

- 13 Зачем жукам-плавунцам присоски? *М.Д. Белоус*  
20 Гимн научной работе *О.А. Маркелова*

#### Медицина

- 24 Биологические пленки бактерий на поверхностях  
учебного заведения. *С.А. Юшина*

#### Олимпиады

- 32 Интернет-олимпиада СУНЦ МГУ – 2020. Задачи  
по биологии третьего тура *С.М. Глаголев*  
42 Задания LXXVII Московской городской  
олимпиады школьников по химии 2021 г. (9 класс).  
*А.Я. Корнейчук, Е.А. Трубицын*

#### Исследовательская деятельность

- 51 Проверка качества бензина на заправках  
Владикавказа. *В.Г. Качмазов*

#### Профильное образование

- 60 Использование видеозадач при дистанционном  
обучении химии. *В.С. Петухов, Н.И. Василевская*

#### Эксперимент

- 64 Размер кристаллов. Почуще и побольше?  
*Н.И. Морозова*

#### Калейдоскоп

- 76 Монодекагидрат додекакарбона. *Д.А. Мычка*

#### Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева  
Научные редакторы Н.И. Морозова,  
Л.Н. Оболенская  
Ответственный секретарь  
Л.С. Михайлюк  
Шеф-редактор Г.А. Четин

#### Техническая редакция

Редактор А.С. Сигеев  
Вёрстка А.С. Сигеев  
Редактор-корректор Н.И. Морозова  
Художник И.И. Семенов

Журнал зарегистрирован Федеральной  
службой по надзору за соблюдением  
законодательства в сфере массовых  
коммуникаций и охране культурного  
наследия. Свидетельство о регистрации  
СМИ ПИ № ФС 77-43475  
от 14 января 2011 года.

Адрес: 109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84,  
редакция журнала «Потенциал. Химия.  
Биология. Медицина».  
Тел. (495) 768-25-48, (495) 951-41-67  
E-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru)  
Сайт: [www.edu-potential.ru](http://www.edu-potential.ru)

Подписано в печать 11.10.2021

Усл. печ. л. 5

Формат 70x100 1/16

Заказ № 411

Электронная версия.

ООО «Азбука-2000»

109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал издаётся на средства выпускников  
МГУ им. М.В. Ломоносова.

ISSN 2221-2353



## Колонка редактора



**Морозова Наталья Игоревна**

*Научный редактор журнала*

## Осенние развлечения

Как романтично скоротать осенний вечер в кресле у камина с книгой в руках! Однако времена вносят свои коррективы. Камин нынче в разряде экзотики, да и книги – не всегда то, что представляли себе наши родители. Вечерами новое поколение удобно устраивается у розетки, включает ноутбук, достает планшет или лезет в телефон... и открывает pdf-файл с новым номером журнала «Потенциал» ☺.

Конечно, есть масса иных развлечений. Но вы, наши читатели – это особенный круг. Вы так же, как и мы, интересуетесь естественными науками, восхищаетесь красотой окружающей природы, любите узнавать новое. Вы закончите читать журнал, но желание развиваться не пройдет. Попробуем подсказать вам пути, на которых можно найти качественные научные развлечения. Один из них находится на портале [nanometer.ru](http://nanometer.ru).

Большинство материалов на нём посвящено Всероссийской Интернет-олимпиаде по нанотехнологиям «Нанотехнологии – прорыв в будущее!». Это очень необычная олимпиада. Она включает

целый комплекс предметов – и математику, и физику, и химию, и биологию. Кроме того, в её рамках проходит масса конкурсов как для детей, так и для взрослых: фотоконкурсы (например, только что подведены итоги фотоконкурса на лучшие работы в области технопредпринимательства, исследовательской и проектной деятельности школьников), викторины (в викторине «Нанотехнологии и вирусы» вы ещё успеваете поучаствовать), конкурс на лучшую научно-популярную статью «Просто о сложном» (его лауреаты часто у нас публикуются), конкурс проектных работ школьников «Гениальные мысли», конкурс тьюторов для руководителей проектных работ, университета для студентов и молодых учёных, конкурс «Юный эрудит» для самых маленьких... и многое-многое другое на любой вкус.

А ещё вы можете найти на этом портале фото- и видеорепортажи, интересные статьи, новости, ссылки и даже курсы увлекательных лекций. Желаем вам провести время приятно и с пользой!

# ХИМИЯ



**Жукова Ирина Николаевна**

*Выпускница 11 химического класса СУНЦ МГУ, студентка 1 курса ФНМ МГУ*

## Материал тысячи применений

Представляем рассказ о первом синтетическом полимере, открывшем «эпоху пластмасс», и о его создателе.

Что я вижу, оглядываясь вокруг? Телефон, пластиковые окна, мебель, компьютер – это все сейчас передо мной. Вы, конечно, знаете, что все эти вещи сделаны с использованием искусственных полимеров. Тысячи лет назад люди пользовались лишь простейшими инструментами из камня. Около 5000 лет назад человек научился делать сплавы из меди – начался бронзовый век. Спустя столетия бронзовый век сменился железным. Появляются новые ремёсла, новые орудия труда, существенно облегчившие ведение хозяйства. Человечество делает большой рывок в развитии.

Что же сейчас? Мы живем в новой эпохе. Её началом можно считать 1907 год – именно тогда на свет появился первый полностью синтетический полимер. Попробуем немного окунуться в историю, узнать о создателе и свойствах

этого материала. Используем ли мы его сейчас? Давайте с этим разберёмся.

### Начало новой эпохи

Полимеры (от греч. «poly» – много) – это органические молекулы, в которых одни и те же звенья (мономеры) повторяются много-много раз, соединяясь друг с другом, словно длинные нити жемчуга. Характерным свойством полимеров считается их молекулярная масса: она варьируется от нескольких тысяч до нескольких миллионов. Да уж, полимеры – настоящие гиганты в молекулярном мире [1].

В природе существует множество различных полимеров. Зерна злаковых богаты крахмалом, мономерным звеном которого служит глюкоза. Другой полимер глюкозы – целлюлоза, строительный компонент древесины и многих высших растений. Перерабатывая целлюлозу, че-

<sup>1</sup> Термин «полимер» ввел Й. Берцелиус в 1833 году, но под этим он подразумевал любые соединения с одинаковым химическим составом, но разными молекулярными массами. То есть, согласно Берцелиусу, уксусную кислоту  $C_2H_4O_2$  можно считать полимером формальдегида  $CH_2O$ , хотя, конечно, получить ее такой «полимеризацией» нельзя. А.М. Бутлеров в 1861 году в своих работах дал термину «полимер» современный смысл [8].



ловек получает бумагу, картон, ткани, порошок и др. Для любителей морепродуктов: панцири раков и креветок состоят из твёрдого, но при этом гибкого хитина. Производное хитина, хитозан, сейчас применяют как добавку к животным кормам, а также для изготовления перевязочного материала с антибактериальными свойствами [2]. ДНК, несущая наследственную информацию, белки, кирпичики животных организмов – всё это природные полимеры.

Люди понемногу учатся у природы. Целлюлозу, хлопок, каучук человек научился использовать уже очень давно – их не так трудно и затратно получать. Но были и редкие, а поэтому достаточно дорогие материалы. На самом деле из-за этого и появился на свет первый модифицированный (видоизменённый) пластик.

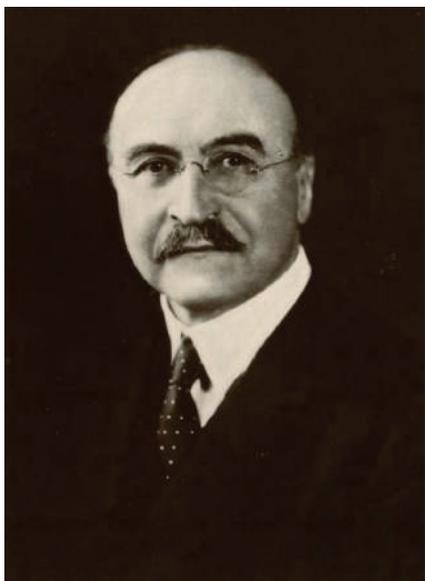
В викторианскую эпоху среди богатых джентльменов было модно владеть бильярдным столом и набором бильярдных шаров, изготовленных из слоновой кости. Из-за практически полного истребления слонов в Африке и Индии к

1863 году слоновая кость стала настолько редкой, что нью-йоркский производитель бильярдных шаров предложил приз в 10 000 \$ тому, кто сможет предложить подходящую замену ценному материалу.

Победителями стали братья Джон и Исайя Уэсли Хаят. Путем растворения нитроцеллюлозы (горючего сложного эфира целлюлозы) в спирте и смешивания с камфорой они получили один из первых пластиков в мире – целлулоид. Этот желтоватый упругий материал не только очень похож на слоновую кость, но и обладает некоторыми другими удивительными тогда свойствами: при нормальных температурах он прочный и твёрдый, а при нагревании становится настолько мягким, что его можно формовать или сворачивать в листы. Очень скоро целлулоид стал основным материалом для десятков других изделий, помимо бильярдных шаров [3].

Целлулоид – пластик, полученный путем модификации природных материалов. А через 40 лет на свет появится первый полностью синтетический полимер.

### Лео Бакеланд



Лео Бакеланд

(<https://www.sciencehistory.org/historical-profile/leo-hendrik-baekeland>)

Лео Хендрик Бакеланд родился 14 ноября 1863 года в городе Гент (Бельгия). Его отец был сапожником, и своего сына он тоже отдал в ученики сапожнику, когда тому исполнилось 13 лет. К счастью, мать Бакеланда не разделяла мнение мужа, и юному Лео, жаждущему знаний, разрешили посещать государственную среднюю школу. Он был самым юным и при этом самым талантливым учеником в классе. В это время родилась и начала расти любовь Бакеланда к химии. В 1880 году он поступил в Гентский университет – тот самый, где всего за 15 лет до этого Август Кекуле предложил верную структуру бензола.

В Генте у Бакеланда был хороший наставник, Теодор Шварц, ученик Кекуле. К 1887 году молодой человек стал профессором химии и физики, в чем Шварц видел начало блестящей академической карьеры. Бакеланд же понял, что его интересует не столько наука в целом,

сколько ее практическое применение. Это стало причиной разлада между Теодором и Лео. Умышленно или нет, Бакеланд «уладил» спор год спустя, женившись на дочери Шварца, Селин. Через два дня после свадьбы они навсегда уехали в Соединённые Штаты.

Бакеланд купил дом в Йонкерсе, штат Нью-Йорк, и построил домашнюю лабораторию, где начал эксперименты по электрохимии (у него был патент на работу с электрохимическими ячейка-

ми). Под покровительством профессора Колумбийского университета Чарльза Чендлера он изобрел Velox – новый, улучшенный тип фотобумаги, который позволяет проявлять изображения с использованием не только солнечного света, но и искусственного. В 1898 г. Джордж Истман Кодак купил права на Velox, и Бакеланд получил финансовую свободу, поэтому мог заниматься любыми научными экспериментами, какими только хотел [4].

### Первый синтетический полимер

Поработав ещё некоторое время в области электрохимии, Бакеланд поставил себе новую цель: найти замену шеллаку, который в то время получали из панцирей лаковых жуков (*Asian lac beetles*). В то время многие химики делали попытки самостоятельно синтезировать какой-нибудь хороший полимер.



Бакелизатор Лео Бакеланда

([https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_622](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_622))

Лео начал свои эксперименты с поиска вещества, которое могло бы растворять продукт конденсации формаль-

дегида с фенолом. Примерно за 20 лет до опытов Бакеланда немецкий химик Адольф фон Байер проводил похожие опыты. В своем лабораторном журнале Байер писал, что получается твёрдый, абсолютно нерастворимый материал, который буквально портил все лабораторное оборудование: если уж он образовался, удалить его было просто невозможно.

Долгие попытки найти подходящий растворитель для такого «дубового» вещества не привели к успеху. Но в голову Бакеланда пришла совсем другая идея: превратить «грехи» получаемого материала в его преимущества. С этого момента Лео осознанно создаёт твёрдую, по-настоящему «крепкую» смолу. Он соорудил реакционный сосуд («бакелизатор») и начал экспериментировать с реакцией конденсации. Перепробовав различные соотношения реагентов, давления и температуры, 18 июня 1907 года он получил прозрачное твёрдое вещество, устойчивое к нагреванию и растворителям и не проводящее электрический ток. В своем личном дневнике он записал: «Я провёл в лаборатории целый день и нашел много интересного. Весьма продуктивный период, открывший мне эти загадочные реакции... Эта работа дала мне несколько новых и интересных продуктов, которые могут найти применение в качестве пластмасс и лаков. Я подал заявку на патент на это вещество, которое называю бакелитом» [5].

### Получение бакелита: взгляд химика

Бакелит (полиоксibenзилметиленгликольангидрид) – это терморезистивная<sup>2</sup> фенолформальдегидная смола, образующаяся в результате реакции конденсации фенола с формальдегидом.

В начале статьи мы разобрались с такими понятиями, как «полимер» и «мономер». Бакелит состоит из двух мономеров: фенола и формальдегида. В зависимости от области дальнейшего применения могут использоваться различные производные этих веществ.

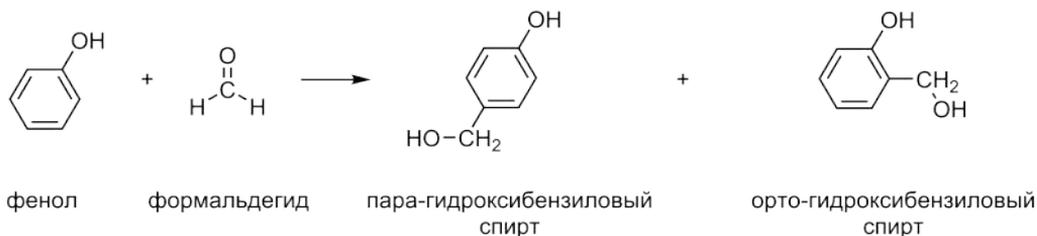
Для протекания реакции необходим катализ<sup>3</sup> кислотами или основаниями. Процесс сильно экзотермичный, выделяющееся тепло расходуется, в том числе и на нагревание образующихся молекул воды. Чтобы получить прочный и плотный полимер, реакцию проводят при нагревании (до 120–160 °С) и высоком давлении (8 атм).

Давайте подумаем: зачем такое высокое давление для получения пластмассы? Небольшая подсказка: на самом деле образование фенолформальдегидных смол представляет собой процесс поликонденсации<sup>4</sup> – выделяется вода. Что вы думаете?

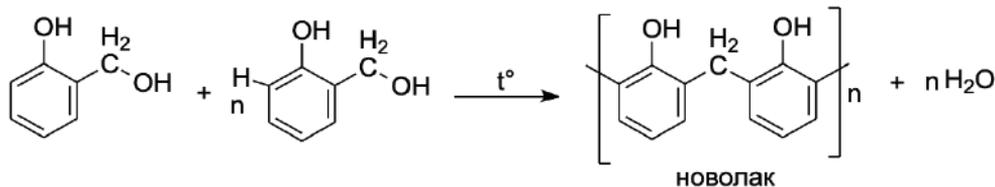
Ответ прост: при температуре 100 °С вода вскипает, поэтому будущий полимер вспенивался и вздувался, что, конечно, негативно сказывалось на его физических свойствах (пластмасса получалась хрупкой). Вот здесь и был нужен бакелизатор. Этот паровой сосуд высокого давления нагревает смолу и подавляет образование пузырьков, позволяя получить прочный и долговечный материал.

Образование бакелита происходит в несколько этапов:

1. Образование орто-/пара-гидроксибензиловых спиртов из фенола и формальдегида:



2. Образование новолака<sup>5</sup> путем поликонденсации орто-гидроксибензилового спирта:



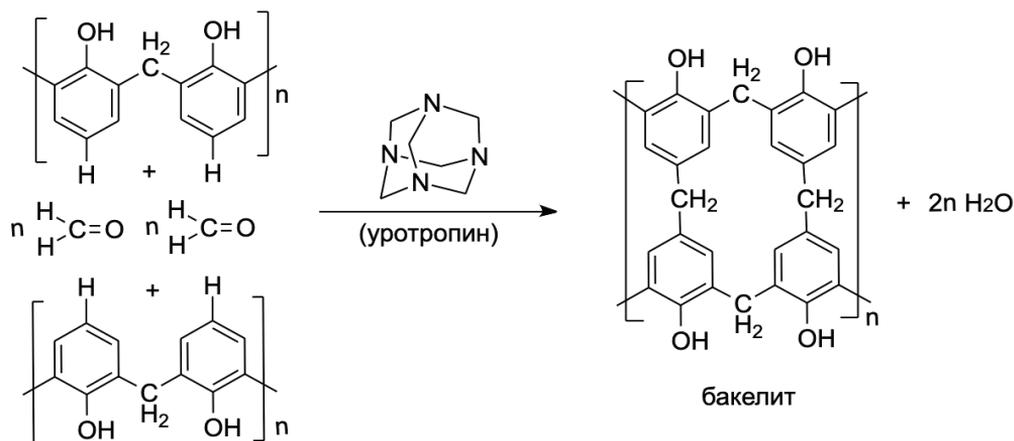
<sup>2</sup> Терморезистивная смола – это тип полимера, затвердевающего и теряющего свою пластичность при нагревании и действии давления [7].

<sup>3</sup> Катализ – ускорение химической реакции в присутствии веществ-катализаторов, которые взаимодействуют с реагентами, но в реакции не расходуются и не входят в состав продуктов [7].

<sup>4</sup> Поликонденсация – процесс получения полимеров из мономеров, сопровождающийся образованием низкомолекулярных продуктов (например, воды).

<sup>5</sup> Наверное, читатель и сам назвал новолак фенолформальдегидной смолой (и оказался прав). Это твёрдое вещество светло-жёлтого или тёмно-коричневого цвета. Новолак применяется в производстве литейных форм, лаков, пенопластов.

## 3. Образование бакелита «сшивкой» цепочек новолака:



Раз мы теперь знаем, как образуется «материал тысячи применений», можем смело начать рассмотрение

его свойств и обсудить, как они используются человеком в той или иной области.

### Свойства и применение бакелита

Бакелит обычно коричневый или янтарный, но может быть получен и в других ярких цветах. В ювелирном деле он был настолько популярен, что сама Коко Ша-

нель предлагала ценителям своего бренда украшения из красивого пластика. Бакелитовые бусы и серьги модные и легкие, поэтому носить их было – одно удовольствие.



Бакелитовые украшения (<https://tkaner.com/aksessuary/busy/chto-eto-takoe-bakelitovye-busy/>)

Бакелит, пластичный при нагревании, сохраняет свою твёрдость и жёсткость после охлаждения (термореактивный пластик), легко формуется. Благодаря этому свойству мы можем встретить этот пластик и в повседневной

жизни: кнопки, часы, крыльчатка стиральной машины, игрушки, посуда и др.

Материал обладает высокой устойчивостью к действию тепла, поэтому хозяйки могли смело ставить бакелитовые сковородки (точнее, сковородки с ручкой



из бакелита) в духовку. Чудо-пластику не страшны электрические и химические воздействия – вот почему он как изолятор используется для изготовления розеток, переключателей, автомобильных распределительных колпачков, изоляции проводов, тормозных колодок и т.д.

Мы видим, что бакелит быстро приобрел коммерческий успех и заслужил звание «материала тысячи применений». Человек всё ещё использует этот полимер. Пластмассы на основе фенолформальдегидных смол остаются непревзойдённым материалом в самых разных областях.

Бакелит определенно был одним из важнейших открытий, открывших «эпоху пластмасс». Мы живем в мире полимеров, их химия окружает нас повсюду. Люди изучают физические и химические свойства полимеров, чтобы как можно более полно использовать весь спектр их потенциальных возможностей. Чтобы правильно и разумно использовать материал, нужно знать его структуру и свойства. Думаю, читатель и сам успел увлечься такой поистине жизненной темой и уже готовится читать о тefлоне, полипропилене или целлулоиде. Так держать!

### Литература

1. Большая Советская энциклопедия / Под ред. Прохорова А.М. – <http://bse.scilib.com/article090836.html>.
2. А. Курамшин. Хитин // Некоммерческий научно-популярный проект «Элементы большой науки». – [https://elementy.ru/kartinka\\_dnya/325/Khitin](https://elementy.ru/kartinka_dnya/325/Khitin).
3. S. Freinkel. A Brief History of Plastic's Conquest of the World. – 2011. – <https://www.scientificamerican.com/article/a-brief-history-of-plastic-world-conquest/>.
4. C.F. Kettering Biographical memoir of Leo Hendrick Baekeland, 1863–1944. – <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/baekeland-leo-h.pdf>.
5. Дневник Лео Бакеланда. – [https://edan.si.edu/transcription/pdf\\_files/6607.pdf](https://edan.si.edu/transcription/pdf_files/6607.pdf).
6. Bakelite: Structure and Uses. – <https://www.vedantu.com/chemistry/bakelite-structure>.
7. Словари и энциклопедии на Академике. – <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/4779/ТЕРМОРЕАКТИВНАЯ>
8. Полимер, макромолекула. // Интерактивный медиа-учебник «Органическая химия». – <https://orgchem.ru/chem6/hm21.htm>.

## Калейдоскоп

## Калейдоскоп

## Калейдоскоп

### Поэтический язык химии

С появлением науки химии появился также и присущий лишь ей язык. Это язык терминов и специфичных названий. Постепенно этот язык начал проникать в литературу. Первопроходцем в этом деле стал Джеффри Чосер – английский поэт XIV века. Он в своих произведениях описывает утопичность алхимии того времени, а также упоминает множество химических веществ, например, серу, золото, железо, медь, сурьму.

Существуют в мире  
 Семь твердых тел, летучих же четыре.  
 Летучие – мышьяк, ртуть, также сера  
 И нашатырь. Иная твёрдых мера  
 И знак иной: у золота – Солнца знак,  
 У серебра – Луны ущербный знак;  
 Железо – Марс, Меркурий – это ртуть.  
 Он и в металле хочет обмануть.  
 Сатурн – свинец, а олово – Юпитер,  
 И медь – Венера.

Семен К.



### **Биричевская Карина Вячеславовна**

*Старший лаборант-исследователь лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья Института общей и неорганической химии РАН им. Н.С. Курнакова, лауреат конкурса «Просто о сложном» в рамках XV Всероссийской Интернет-олимпиады по нанотехнологиям «Нанотехнологии – прорыв в будущее!»*

### **Козлова Таисия Олеговна**

*К.х.н., научный сотрудник лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук*



### **Баранчиков Александр Евгеньевич**

*К.х.н., заведующий лабораторией синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук*



## **Структурные сёстры $\text{Ce}^{\text{IV}}(\text{OH})\text{PO}_4$ и $\text{Ce}^{\text{IV}}_2\text{O}(\text{PO}_4)_2$ : неорганический генезис**

Известно множество неорганических соединений, и с каждым днём их становится всё больше: учёные синтезируют новые, как полезные для прикладных задач, так и просто интересные с точки зрения фундаментальной науки. Этим занимаются и в Лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья ИОНХ РАН.

Многие слышали про генетические исследования и разработки, когда ученые пытаются вывести новые виды животных или воссоздать ранее живших. Отношение к таким экспериментам не является однозначным, и они вызывают множество дискуссий в современном обществе. Однако данные исследования

всегда связаны либо с деятельностью биологов, либо биохимиков, но мало кто может предположить, что эксперименты подобного рода возможны и с неорганическими соединениями. Ведь, по сути, синтез новых неорганических веществ – это всегда некое «скрещивание» элементов в определенных специально подоб-



ранных условиях. Неорганические соединения, как и живые существа, также имеют собственную классификацию, принадлежат к определенным семействам. Принадлежность соединения тому или иному семейству можно установить, зная его имя (химическую формулу, состав) и род занятий (область практического применения). Важно, что неорганический синтез не нарушает никаких этических норм и при этом зачастую может принести огромную пользу.

Получение новых неорганических соединений представляет собой достаточно трудоемкую задачу, и с каждым годом и, соответственно, с расширением числа уже синтезированных веществ и апробированных подходов предложить нечто новое становится все сложнее.

Источником большинства химических элементов, из которых потом, как из строительных блоков, «складываются» соединения, является земная кора. Это кажется оксюмороном, но в земной коре содержатся большие залежи так называемых редкоземельных элементов (РЗЭ). Интересно, что РЗЭ более распространены в природе, чем медь и свинец, а самый «редкий» РЗЭ – тулий – распространен больше, чем всем известная ртуть. Особое место среди РЗЭ занимает церий (Ce), для которого характерны две устойчивые степени окисления: +3 и +4, но среди всех РЗЭ лишь четырехвалентный церий может существовать в водном растворе.

Один из рядовых анионов, с которым все РЗЭ образуют соединения – ортофосфат-анион  $\text{PO}_4^{3-}$ . Удивительно, но семейство ортофосфатов церия (IV) в настоящее время включает в себя очень ограниченное число представителей – всего 13 кристаллических соединений, в то время как комбинаций для построения новых соединений с учетом многообразия других катионов и анионов – большое множество. Сигналом к тому, что в семействе ортофосфатов церия (IV) есть еще нераскрытые представители, является то, что семейство очень близких соединений – ортофосфатов тория (IV) – достаточно велико. Та-

кой явный дисбаланс указывает на то, что многие ортофосфаты Ce(IV) еще ждут своих первооткрывателей.

Наша лаборатория, Материалов и переработки минерального сырья ИОНХ РАН, ведет работы по многим направлениям, связанным с химией редкоземельных и переходных элементов. В первую очередь нас интересуют соединения четырехвалентного церия и, в частности, его фосфаты. Известно, что немногие известные ортофосфаты церия (IV) являются прекрасными ионообменными материалами и сорбентами (например, радионуклидов). Поэтому поиск новых представителей этого семейства является не только интересной научной, но и важной практической задачей.

Мы поставили перед собой цель синтезировать новую соль четырехвалентного церия – основной ортофосфат церия (IV). Почему именно такую? Потому что, с одной стороны, известны изоструктурные (т. е. имеющие одинаковую структуру, но при этом разный состав) соединения  $\text{M}(\text{OH})\text{PO}_4$  ( $\text{M} = \text{Th}, \text{U}$ ), а с другой, про гидроксо соли церия (IV), наоборот, нет никакой информации. И это неспроста. Сложность синтеза гидроксоортофосфата церия (IV) обусловлена сильной склонностью Ce(IV) к гидролизу и стремлением выпасть в осадок в виде  $\text{CeO}_2$ . Для преодоления этой трудности после многих попыток была разработана стратегия, для успешной реализации которой требовалось выполнение двух условий: синтез нужно проводить в сильноокислой среде (была выбрана разбавленная азотная кислота), в ней гидролиз протекает медленнее, и при этом обработке нужно подвергать соединение, в котором церий (IV) уже прочно связан с ортофосфатной группой. На роль такого соединения был выбран аморфный гелеобразный гидроортофосфат церия (IV), поскольку он не содержит никаких посторонних анионов и катионов, которые также могут «встроиться» в структуру создаваемого вещества.

Чтобы аморфный гель гидроортофосфата церия (IV) «приобрел» струк-

туру, синтез проводили в закрытом сосуде при высокой температуре, после чего он действительно изменился, как Иван в сказке про Конька-Горбунка после купания в чане, – сформировались кристаллы нового соединения.

Даже специалист химик не может на глаз определить, успешно ли он решил задачу, или его попытка с треском провалилась – продуктом синтеза является просто порошок. Чтобы идентифицировать полученное соединение «как личность» и отнести его к определенному классу, нужно провести настоящее расследование с помощью арсенала приборов. Первоочередным способом исследования является метод рентгенофазового анализа, который выдает некую идентифицирующую соединение картину (как фото в паспорте). Эта картина (дифрактограмма) представляет собой набор пиков вдоль оси  $x$  (рис. 1), расположение и

форма которых строго указывает на определенную структуру (но не обязательно на состав). Этот «фоторобот» можно сравнить с уже известной картой и получить информацию, к какому структурному семейству принадлежит синтезированное вещество. В данном случае оказалось, что полученная структура совпадает со структурами  $M(OH)PO_4$  ( $M = Th, U$ ). Это значит, что с большой долей вероятности был получен именно ожидаемый продукт  $Ce(OH)PO_4$ , но для полной уверенности были проведены уточняющие процедуры физико-химического анализа, включая рентгеноструктурный анализ, инфракрасную спектроскопию и спектроскопию ядерного магнитного резонанса на ядрах фосфора. Сопоставив полученные данные, мы убедились, что перед нами действительно основной ортофосфат церия(IV) –  $Ce(OH)PO_4$ .

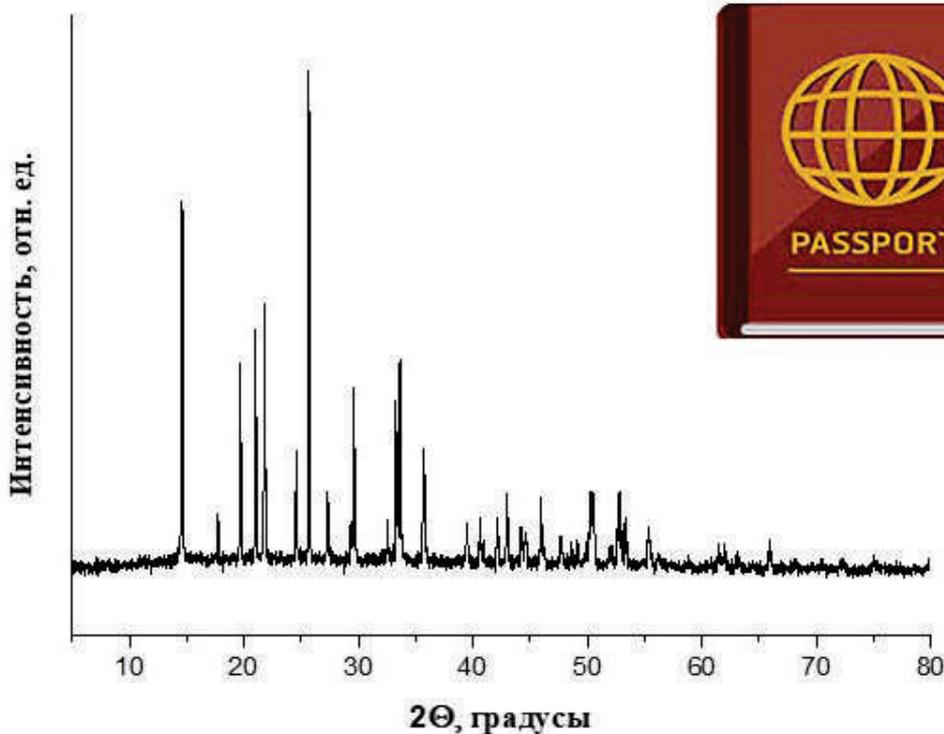
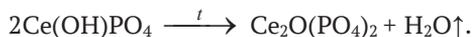


Рис. 1. Дифрактограмма  $Ce(OH)PO_4$  ( $2\theta$  – угол дифракции рентгеновского излучения).

Неотъемлемый этап исследования свойств новых неорганических соединений – изучение их поведения при нагреве (термической стабильности). Вещество нагревают с определенной скоростью до высоких температур (обычно 1000°C), и при этом прибор фиксирует изменение массы за счет того, что улетучиваются некоторые компоненты, например, выделяется кислород из структуры. Метод термического анализа также позволяет подтвердить правильность состава, приписанного соединению, для этого обязательно нужно провести рентгенофазовый анализ конечного продукта (а лучше и промежуточных), посчитать разницу масс веществ и сравнить с потерями массы при нагреве.

Нагрев  $\text{Ce}(\text{OH})\text{PO}_4$  преподнес сюрприз: оказалось, что уже при небольших температурах структура соединения меняется и формируется новое вещество – оксоортофосфат церия (IV)  $\text{Ce}_2\text{O}(\text{PO}_4)_2$ . Метаморфоза объясняется протеканием следующей реакции:



Так простое удаление воды из структуры привело к созданию «в тигле» еще одного представителя ортофосфатов церия (IV). Естественно, верность предположений о составе и структуре нового соединения была подтверждена тем же комплексом методов, что и для  $\text{Ce}(\text{OH})\text{PO}_4$ . Оказалось, что соединений с такой структурой известно больше – это вещество дополняет изоструктурную семью  $\text{R}_2\text{O}(\text{PO}_4)_2$ , где  $\text{R} = \text{Th}, \text{U}, \text{Np}, \text{Zr}$ .

Хотя неорганические соединения и не имеют половых различий, мы посчитали удачным сравнить две новые структуры с сестрами-близняшками (рис. 2), принимая во внимание то, что химический элемент церий был назван в честь богини Цереры.

В результате нашей работы семейство ортофосфатов церия (IV) несколько расширилось, но это еще совсем не конец истории.

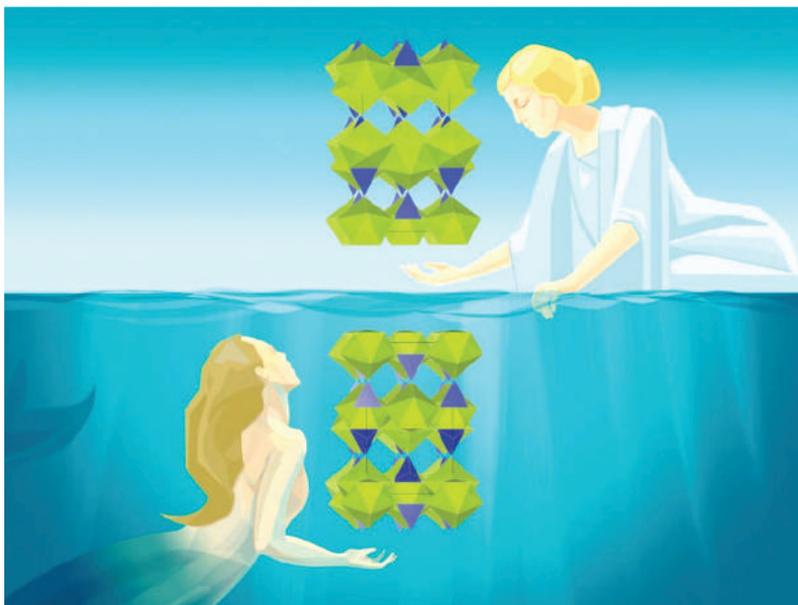
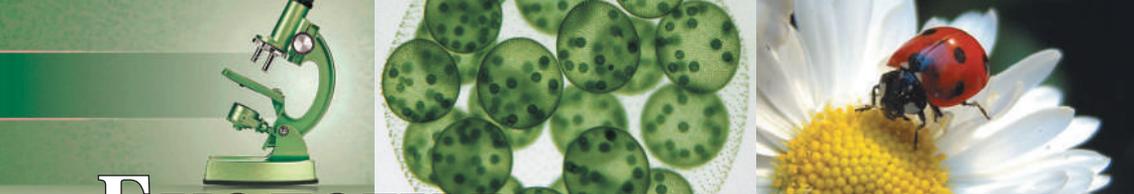


Рис. 2. Графическое представление «водной» и «неводной» сестер, предложенное как один из вариантов для оформления обложки редакторам журнала «Chemistry – A European Journal» (окончательный вариант обложки и оригинальная статья доступны по ссылке <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/chem.202003597>). Авторы благодарят М.Д. Япрынцеву за графическую реализацию идеи обложки



# Биология



**Белоус Максим Дмитриевич**

*Выпускник 11 биологического класса СУНЦ МГУ, студент 1 курса Биологического факультета МГУ*

## Зачем жукам-плавунцам присоски?

У людей свои проблемы и свои страсти, а у жуков-плавунцов – свои, не менее острые и жаркие. Просто об этом мало кто задумывается, кроме специалистов-энтомологов. А пристальный взгляд выявляет, что особенности «личной жизни» этих жуков – важная движущая сила их эволюционных изменений...

Жуки-плавунцы (Dytiscidae) – одно из многих семейств отряда жесткокрылых, или жуков (лат. Coleoptera), подотряда плотоядных или хищных жуков (Adephaga). Современной науке известно более 390 тысяч видов жуков – больше, чем представителей какого-либо другого отряда насекомых. Жуков-плавунцов существует более 4000 видов.

подавляющее большинство из них живут в воде как на стадии личинки, так и на стадии взрослого насекомого (имаго), а окукливаются на суше, обычно в почве. Среди жуков-плавунцов есть как очень мелкие, длина тела которых может составлять около одного миллиметра, так и относительно крупные, длиной до пяти сантиметров. Жуки-плавунцы хорошо приспособлены к жизни в водной среде: они обладают обтекаемым телом, мощными и уплощенными задними ногами плавательного типа, которые помогают быстро передвигаться и манев-

рировать под водой, а также особым механизмом дыхания в воде. Дыхальца у плавунцов открываются в заполненное атмосферным воздухом пространство под надкрыльями (которые также называют элитрами) – так называемую субэлитральную полость (рис. 1).

Многие виды жуков-плавунцов обладают ярко выраженным половым диморфизмом, то есть различиями между самцами и самками: у самцов первые три членика лапки (той пятичлениковой «ступни», которой заканчивается у них каждая нога) передней, а часто также и средней ноги расширены, уплощены и покрыты множеством присосок – видоизмененных щетинок (рис. 2). У самок есть свои особенности. Во-первых, всевозможные утолщения и присоски на члениках передних лапок у самок отсутствуют. Во-вторых, самки могут обладать скульптурированными надкрыльями, которые пок-

рыты различными бороздами, неровностями и другими формами микрорельефа (в отличие от самцов, которые всегда обладают гладкими надкрыльями).

При этом самки плавунцов многих видов диморфны: часть из них могут обладать полностью гладкими надкрыльями, как у самцов.

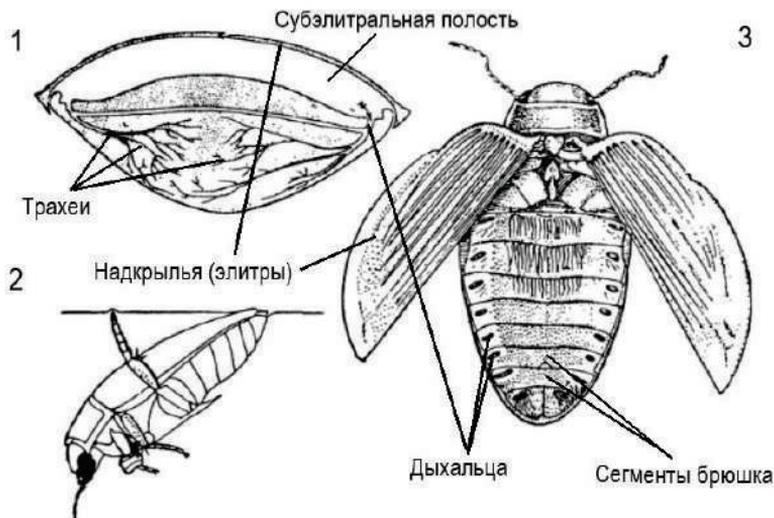


Рис. 1. Жук-плавунец: 1 – поперечный срез тела плавунца в области брюшка; 2 – плавунец, пополняющий запас атмосферного воздуха у поверхности воды; 3 – вид сверху на тело плавунца с раздвинутыми надкрыльями (по Павловскому и Лепневой, 1948, с изменениями<sup>1</sup>)



Рис. 2. Нижняя поверхность передней лапки самца жука-плавунца вида *Cybister lateralmarginalis* (скоморох обыкновенный). Видно широкое шпательобразное расширение, образованное тремя члениками лапки. На этом уплощении заметны четыре ряда присосок

<sup>1</sup> Павловский Е.Н., Лепнева С.Г. Очерки из жизни пресноводных животных. – М.-Л.: Наука, 1948. – 459 с.

Основная роль этих особенностей самцов и самок связана с процессом размножения жуков-плавунцов. Стоит сказать, что, так как плавунцы для дыхания используют запас атмосферного воздуха, хранящийся в субэлитральной полости (между брюшком и надкрыльями), жукам необходимо периодически подниматься к поверхности воды для освежения этого запаса. Обычно плавунцы каждые десять-пятнадцать минут всплывают и слегка выставляют заднюю часть тела из воды, затем проветривают полость под надкрыльями и ныряют обратно под воду (рис. 3).



Рис. 3. Дыхание имаго *Acilius canaliculatus*: а) газообмен на поверхности воды, б) погружение под воду, в) нахождение под водой, д) всплытие<sup>2</sup>

Процесс спаривания у плавунцов происходит очень агрессивно (со стороны самцов). Самец находит самку, ловит ее передними и средними лапками и прикрепляется к ее переднеспинке и надкрыльям при помощи своего присасывательного аппарата (рис. 4). Спариванию обычно предшествует борьба, в ходе которой самка сопротивляется и пытается отцепить от себя самца быстрыми и беспорядочными плавательными движениями. После спаривания может следовать длительная фаза охранения, когда самец

продолжает удерживать самку в течение большого времени – до шести часов, не давая другим самцам возможности попытаться спариться с ней. Таким образом, самец находится всегда сверху от самки, и, хотя такой тандем часто находится близко к поверхности воды, доступ к атмосферному кислороду зачастую имеет только самец. Отмечено, что у некоторых видов самцы время от времени поднимают самку к поверхности, давая ей возможность обновить запас воздуха. Но, по-видимому, так бывает далеко не всегда. После спаривания самец отпускает самку, и обычно у нее еще хватает сил, чтобы подняться к поверхности воды, но, если самка переносит несколько спариваний подряд, ее шансы на выживание резко снижаются, и иногда измученные самки гибнут от удушья.



Рис. 4. Спаривание жуков-плавунцов вида *Acilius sulcatus* (полоскун бороздчатый)<sup>3</sup>

Таким образом, эволюционный успех самки (способность оставить многочисленное потомство), по-видимому, определяется, прежде всего, возможностью выжить в ходе спариваний, для чего изменяются и усиливаются в ходе эволюции структуры надкрылий, которые служат для того, чтобы позволить самке мешать самцу прикрепиться к ней. А вот эволюционный успех самца как раз зави-

<sup>2</sup> Yee D.A. Ecology, Systematics and the Natural History of Predaceous diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae). – Hattiesburg: Springer Science, Business Media B.V., 2014. – 468 pp. DOI 10.1007/978-94-017-9109-0.

<sup>3</sup> Bergsten J., Miller K.B. Phylogeny of diving beetles reveals a coevolutionary arms race between the sexes // PloS One, Vol. 2, Issue 6: e522, 2007. – 6 pp. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000522>.

сит от возможности прикрепиться и удержать самку для успешного оплодотворения, чему способствует развитие структур присасывательного аппарата. В итоге возникает так называемая антагонистическая козволюция, в ходе которой самцы (условно говоря) стремятся как можно эффективнее прикрепляться к самкам, изменяя при этом свои структуры на лапках, а самки стремятся как можно эффективнее помешать прикреплению самцов, для чего развиваются рельефные структуры надкрылий.

Различные аспекты этого явления активно исследуются с 2001 года, когда оно впервые получило убедительное объяснение. Свой небольшой вклад в эти исследования внес и автор этой

статьи, изучавший под руководством сотрудника кафедры энтомологии МГУ Петра Николаевича Петрова проявления антагонистической козволюции полового диморфизма жуков-плавунцов на примере двух видов: *Dytiscus lapponicus* (плавунец лапландский) и *Cybister lateralimarginalis* (скоморох обыкновенный) (рис. 5). Мы работали с выборками из нескольких популяций, собранными на территории России. Плавунец лапландский представлен в нашей работе двумя выборками из Тверской области и с полуострова Ямал (31 экземпляр в совокупности), а скоморох обыкновенный был собран в Липецкой области в количестве также 31 экземпляра.



Рис. 5. Исследуемые виды жуков-плавунцов. Слева направо: самец и самка *Dytiscus lapponicus*, самец и самка *Cybister lateralimarginalis* (фото с сайта [www.coleoptera.org.uk](http://www.coleoptera.org.uk))

Материалы по *Dytiscus lapponicus* уже исследовались на базе СУНЦ МГУ Анастасией Кривоженко (2019 г.), работа которой была выполнена по сходной методике. Однако данные по виду *Cybister lateralimarginalis* получены нами впервые.

Сначала все экземпляры жуков мы размачивали в горячей воде и накалывали на энтомологические булавки, а затем фотографировали лапки жуков снизу. Учитывая, что лапки трехмерны, захватить в фокус на одной фотографии все необходимые участки не представлялось возможным, и для решения проблемы мы делали серию фотографий, на которых в фокусе оказывались разные детали, а затем производили стекинг с

помощью специальной программы, получая на выходе четкую фотографию каждой лапки, где каждый участок находится в фокусе (см. рис. 2).

Все присоски на обеих лапках каждого самца подсчитывали, а данные подсчетов заносили в сводные таблицы, куда также вносили основные параметры размеров тела жука – ширину тела, длину тела с головой и длину тела без головы. Последний параметр мы решили учитывать в связи с тем, что для проведения дальнейших статистических тестов этот параметр мог подойти лучше, чем длина тела с головой, так как при монтировке жуков на булавки голова могла находиться в различном положении:

направлена вперед или вниз, из-за чего длина тела с головой могла варьировать сильнее, чем длина тела без головы.

В итоге мы получили численные данные, отображающие распределение числа присосок на лапках обсуждаемых видов. Так, для ямальской популяции вида *Dytiscus lapponicus* на передних лапках в среднем отмечено 276,9 присосок (при этом на правой лапке среднее значение составило 268,8, а на левой – 285 присосок). Среднее значение для

обеих средних лапок составило 668,3 присосок, при том, что на правой лапке в среднем обнаруживается 649, а на левой – 687,5 присосок. Аналогичные значения для популяции этого вида с территории Тверской области составляют в среднем 244,6 присосок на передних лапках (по 244,7 и 244,5 на левой и правой лапках соответственно) и 732 присоски на средних лапках (по 723,4 и 740,6 на левой и правой лапках соответственно). Результаты подсчета приведены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты подсчета количества присосок *Dytiscus lapponicus*

Популяция с полуострова Ямал				
	Передняя левая	Передняя правая	Средняя левая	Средняя правая
Среднее	285,0	268,8	687,5	649,0
Максимум	334	358	786	748
Минимум	227	252	609	525
Размах	107	106	177	223
Популяция из Тверской области				
	Передняя левая	Передняя правая	Средняя левая	Средняя правая
Среднее	244,7	244,5	723,4	740,6
Максимум	357	302	1150	1193
Минимум	203	193	577	616
Размах	154	109	573	577

Отдельное внимание хотелось бы обратить на данные выборки вида *Cybister lateralimarginalis*, так как подобные значения для этого вида получены впервые. Ввиду того, что у жуков этого вида лишь

на передних лапках имеется присасывательный аппарат, подсчет проводился только на передней левой и правой лапках. Результаты обсчета присосок этого вида приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты обсчета количества присосок *Cybister lateralimarginalis*

	Передняя правая лапка	Передняя левая лапка
Среднее	64,7	60,0
Максимум	82	85
Минимум	47	43
Размах	35	42

Были также подсчитаны основные параметры размеров тела самцов вида *Cybister lateralimarginalis*. Мы выявили, что средняя ширина тела жуков (с головой) составляет 17,7 мм, а максимальное и минимальное значения ширины тела равны соответственно 19 мм и 16,6 мм. В дальнейшем в исследовании учитывалась

только длина тела без учета головы. На диаграмме (рис. 6) можно увидеть распределение параметров длины тела без головы и ширины тела жуков. Результаты статистических тестов показали, что длина и ширина тела коррелируют (т. е. при увеличении длины тела жука увеличивается и ширина его тела).

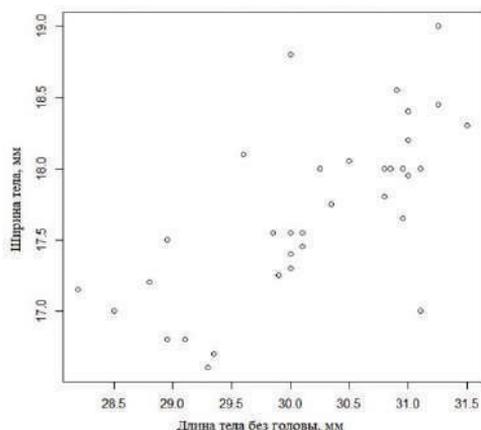


Рис. 6. Распределение длины тела без головы и ширины тела жуков *Cybister lateralimarginalis*

На основании результатов статистического теста Манна – Уитни было выявлено, что у жуков вида *Dytiscus lapponicus* из популяции полуострова Ямал на передних лапках в среднем значительно больше присосок, чем у жуков из популяции Тверской области. При этом у жуков из ямальской популяции в среднем больше присосок как на правой, так и на левой передней лапках, но у жуков из Тверской области среднее число присосок на средних лапках несколько выше (рис. 7).

Возможно, причина наблюдаемого явления кроется в географии изученных популяций: плавунцы из популяции полуострова Ямал обитают в более холодных водоемах, в отличие от жуков из популяции более южной Тверской области, что может сказываться на физических аспектах работы присасывательного аппарата. Однако остается непонятным уменьшение числа присосок на средних лапках. Для получения более полной картины необходимы данные по измене-

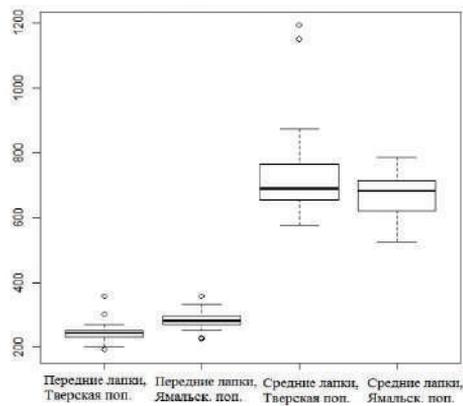


Рис. 7. Распределение числа присосок у жуков вида *Dytiscus lapponicus*. На диаграмме представлены так называемые «ящики с усами», где верхняя и нижняя границы прямоугольников соответствуют нижнему и верхнему квартилям, толстая линия – медиане, а границы «усов» – максимумам и минимумам

нию среднего размера, диаметра присосок у жуков из разных популяций. Сравнение числа присосок на правых и левых лапках у вида *Cybister lateralimarginalis* не позволило сделать однозначных выводов. Строго говоря, на основе полученных данных нельзя говорить о наличии значимых различий между этими параметрами, однако значение статистического теста Вилкоксона очень близко к пограничному, и не исключено, что, если бы наша выборка была больше, мы смогли бы выявить статистически значимые различия.

Если предположить, что асимметрия действительно проявляется во всей популяции плавунцов, то причины ее, по-видимому, могут быть связаны с факторами окружающей среды, такими как химический состав воды в водоеме, либо имеют генетическую природу.

Распределение числа присосок на правых и левых передних лапках также отражено на диаграмме (рис. 8).

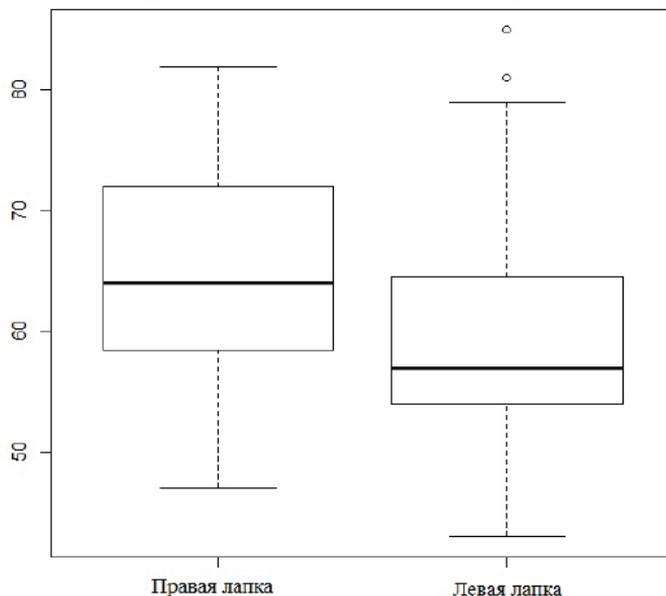


Рис. 8. Распределение присосок для правых и левых передних лапок вида *Cybister lateralimarginalis*

Как было показано в работе Анастасии Кривоженко, у жуков-плавунцов вида *Dytiscus lapponicus* существует корреляция между общим числом присосок (а также числом присосок на правой передней лапке) и длиной тела без учета головы.

Мы исследовали аналогичные параметры у жуков вида *Cybister lateralimarginalis* с использованием статистического теста Вилкоксона и показали, что при увеличении ширины жука число присосок на передней левой лапке в среднем уменьшается.

Таким образом, нам удалось продолжить ранее начатое исследование жуков вида *Dytiscus lapponicus* и получить новые данные по этому виду, а также впервые изучить те же параметры у вида *Cybister lateralimarginalis*. Многие из наших выводов предварительные, но,

если изучить выборки большего объема, в исследованные вопросы наверняка можно будет внести больше ясности.

Исследование географической изменчивости таких обусловленных «гонкой вооружений» признаков, как число присосок, важно для понимания влияния внешних факторов и условий окружающей среды на эволюционные процессы. Ведь основная движущая сила подобных изменений – не меняющиеся условия среды, а половой отбор. Между тем, полный спектр воздействия внешних факторов на формирование подобных морфологических признаков остается неизученным. Одна из задач дальнейших исследований – оценка роли изменчивости условий среды, в том числе на фоне общих тенденций изменения климата, в возникновении и поддержании подобных признаков у насекомых.

## Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Разговор студента-геолога с профессором, преподающим неорганическую химию.

- А можно мне практикум отработать? Где мне взять квасец?
- Может быть, квасцы?
- Да мне много не надо.



### Маркелова Ольга Александровна

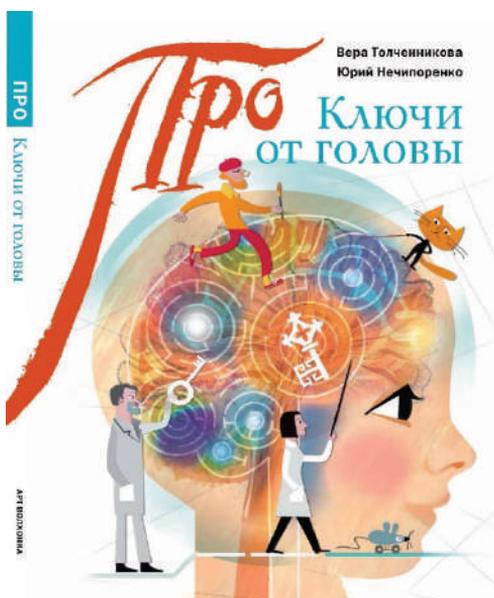
*Филолог-скандинавист, литературовед, переводчик, писатель, преподаватель. Кандидат филологических наук*

## Гимн научной работе

Авторы нашего журнала – люди разносторонние. Поздравляем Юрия Дмитриевича Нечипоренко с выходом книги, очарованию которой «все возрасты покорны». После рассказа о ней мы даём фрагмент из книги – это глава «Копилка изобретений», где говорится о том, какие изобретения эволюции можно найти у нас в голове.

Дорогие читатели, была ли у вас в детстве книга о работе человеческого мозга? Я не сомневаюсь, что у всякого просвещённого человека в детстве был учебник биологии с соответствующим разделом. Однако сейчас я имею в виду именно детскую книгу в собственном смысле слова: увлекательную, с весёлыми картинками и живыми диалогами, и при этом глубоко информативную, дающую важный интеллектуальный «багаж».

Современным детям повезло: у них (а впрочем, вместе с ними и у нас всех) такая книга точно есть: это книга Юрия Нечипоренко и Веры Толченной «Ключи от головы: что учёные знают про мозг» (М.: «Арт-Волхонка», 2021). Оба автора – учёные, имеющие самое непосредственное отношение к исследованию мозга: Вера Толченная – нейробиолог, Юрий Нечипоренко – биофизик (а также замечательный детский писатель).



Существующий на сегодняшний день объём знаний о человеческом мозге настолько обширен, что даже для того, чтоб сжато рассказать об основных из них, потребуется книга объёмом около 100 страниц. (Правда, на некоторых страницах «Ключей от головы» большую часть занимают иллюстрации, но они также несут крайне важную информативную функцию). В этой книге рассказано о работе нейронов, о принципе устройства зрения, об отделах мозга и их функциях, о первичной и вторичной коре мозга, о гормонах, об инстинктах и рефлексгах, о механизмах памяти, о сне и бодрствовании. Авторы касаются и таких волнующих тем, связанных с мозгом, как психические заболевания, болезнь Альцгеймера, инсульт, депрессия, алкогольная и наркотическая зависимости. Однако назвать «Ключи от головы» беллетризованным учебником нейробиологии значило бы дать неверное представление о ней.

В книгу о такой крайне серьёзной и сложной материи авторы не побоялись привнести юмористическую составляющую. Роль комического персонажа там отведена Коту Учёному (сокращённое имя которого звучит весьма актуально-современно: Коуч). Он задаёт авторам нелепые вопросы, но порой эти вопросы служат отправной точкой для разговора об очень сложных аспектах нейробиологии.

Сами авторы присутствуют в книге в качестве рассказчиков (от их лица ведутся «лекции» о функциях мозга) и почти на каждой странице появляются на иллюстрациях – портретное сходство в этом случае налицо.

Кроме Авторов (представителей рационального научного мышления) и

Кота (носителя комического начала), в книге есть ещё один голос: представитель начала интуитивного, творческого – Художник. Его голос слышен, когда речь заходит о зрении, об ассоциациях и других явлениях, крайне важных для людей искусства.

Как и во многих книгах, автором которых является Юрий Нечипоренко, в «Ключах от головы» звучит гимн научной работе. Одна из первых глав начинается так: «Учёный – очень хорошая профессия. Сидишь в белом халате среди мигающих лампочек, смешиваешь реактивы, чешешь затылок и охотишься за открытиями. Когда открытие попадает в руки, выбегаешь в коридор, кричишь «эврика!» и пишешь во все журналы». (стр. 6). Одна из вводных глав посвящена научным открытиям, сделанным детьми, а в конце книги авторы выражают надежду, что их юный читатель в будущем выберет в качестве профессии научную деятельность и сам разгадает какие-нибудь тайны мозга. На страницах книги упомянуты отечественные и зарубежные учёные, внёсшие свою лепту в изучение деятельности мозга: Иван Павлов, Иван Пигарёв, Джакомо Ризоллатти, Алоис Альцгеймер и другие; не оказались забыты и подопытные животные – о них тоже есть рассказы. Говорить не только о самом предмете, но и о тех, благодаря кому этот предмет стал доступнее и понятнее нам, особенно важно в наш век, когда мы пользуемся результатами массы научных открытий каждый день, но часто не знаем и не задумываемся, кто стоит за ними.

Я от всей души поздравляю авторов с выходом этой превосходной книги, а нас всех – с возможностью её прочитать!

### Привет от прапрабабушек (отрывок из книги)

Изобретений в копилке немало, но мы здесь рассмотрим только пять.

#### Чувствительность

Жизнь на Земле развивалась, появлялись новые животные, более сложные датчики и даже целые приборы: глаза, уши, носы, руки, ноги, хвосты. Но

какими бы сложными ни были наши органы чувств, в основе их работы древнее свойство – **чувствительность**.

*Художник:* Главный прибор, по-моему, – глаза. Расскажите про них подробнее!

*Авторы:* Сначала расскажем не про твои глазки, а про глазки.

**Светочувствительные глазки** – это особые датчики у одноклеточных животных. Они состоят из молекул-пигментов. Эти молекулы датчиков возбуждаются под действием света и сразу посылают молекулу-посредника к жгутикам бактерий. Жгутики – органониды движения – активируются, и в результате одноклеточный организм плывет на свет (или от него).

Человеческий глаз – гораздо более тонкий прибор, позволяющий не просто отличить свет от тьмы, но и воспринять 10 миллионов оттенков цветов. На дне нашего глаза находится слой светоувствительных клеток – **сетчатка**. Её клетки – **палочки** и **колбочки** – под действием света переходят в возбуждённое состояние и с помощью молекул-гонцов передают сигнал дальше, в зрительную кору мозга. Но об этом позже.

*Кот Коуч:* Мне тут сказали в лаборатории, что я не вижу какой-то красный цвет. Что это за красный такой?



*Кот Коуч:* Я тоже не вижу разницы между этими картинками!

*Авторы:* Всё-таки странно, если художник – дихромат. Другое дело, когда у человека оказывается целых четыре вида колбочек, как у птиц! Вот такие живописцы видят больше цветовых оттенков, чем обычные люди.

*Кот Коуч:* А мне и с двумя колбочками неплохо! Ни к чему все эти ваши

*Авторы:* Всё дело в твоих колбочках. Это отростки клеток сетчатки, реагирующие на свет определённого спектра. У нас, людей, есть колбочки для трёх цветов: красные, зелёные и синие. Все они активируются каждая своим светом. Поэтому люди – **трихроматы**. Кролики, собаки и коты – **дихроматы**, у вас нет красной колбочки. Но ты, Коуч, не расстраивайся, китам вообще не повезло: они **монохроматы**, в их сетчатке только синяя колбочка. Зато птицы отхватили у матери-природы аж четыре колбочки. Они **тетрахроматы!**

*Художник:* Кстати, Коуч, иногда и люди бывают дихроматами. Мы с одним моим знакомым художником писали копии картины Матисса «Красные рыбки», но, когда он принёс свою копию – я понял, что он не видит красный цвет. Посмотри, что у него получилось – рыбки исчезли...



оттенки! Важнее, что я могу видеть в темноте.

### Электроавоська

Наиболее просто устроенная нервная система – у пресноводной гидры (она же глубоководная актиния). Куда бы мы её ни ткнули – она вся съёжится, потому что нейроны у этого создания связаны между собой в сеть. По виду эта сеть похожа на авоську – это такая плетёная сетка для покупок.

*Авторы:* Эта первобытная «авоська» способна быстро передавать отдельные сигналы во все части тела. У нас с вами в глубинах мозга есть остаток такой сетчатой системы – **ретикулярная формация** (reticulum – по латыни «сеточка»).

*Кот Коуч:* И что, это ваше устройство тоже для съёживания? Можно, я его коготком испытую?

*Авторы:* Не стоит, пожалуй. У человека ретикулярная формация управляет не съёживанием, а сном и бодрствованием, то есть отвечает за общий тонус организма.

### Узлы

Что если живому созданию хочется пошевелить не всем телом сразу, а только одним усиком или ногой? Для этого существуют нервные центры, или **узлы**. Очень удобно: каждый узел обслуживает свой орган. Такова, например, нервная система прудовой улитки.

*Кот Коуч:* Точно! Я много раз видел, как улитка шевелит рожками – умеет даже каждым по отдельности!

*Художник:* Надо же – нервная система улитки повторяет её контуры, у неё и рожки есть!

### Цепочка

У знакомого каждому дождевого червя, друга рыбака, тоже есть общее с человеком. Каждое из колечек – отсеков его тела – имеет свой нервный узел. Узлы связаны между собой и образуют **брюшную цепочку**. Как она работает, удобнее рассмотреть на примере близкой родственницы червяка – сороконожки. Каждая ножка управляется своим нервом.

Это позволяет ей довольно ловко перебирать лапками и двигаться вперёд.

Таким же образом организован спинной мозг – важный отдел нервной системы человека. И хоть лапок у нас не сорок, а всего четыре, спинной мозг так и остался «многоножкой», он содержит 31–33 звена цепочки с отходящими нервами. Грудные сегменты спинного мозга управляют руками, поясничные – ногами. Сигналы от наших конечностей, туловища, внутренних органов направляются в спинной мозг и обрабатываются там.

### Экран

Что общего между экраном компьютера и нашим мозгом? Экраны всех гаджетов состоят из множества маленьких точек, образующих зрительное поле. Но природа придумала подобные устройства задолго до человека. Они нужны для обработки сложного сигнала, например зрительного. Так когда-то возникли особые области мозга. У насекомых это **грибовидные тельца** и **фасеточные глаза**, у млекопитающих, в том числе человека, – **кора головного мозга**. Разные части изображения попадают в разные участки зрительной коры, составляя внутреннюю карту. Так в нашей маленькой голове помещается большой окружающий мир.

Наша с вами кора – самый верхний этаж мозга. Она контролирует все остальные его отделы – нижележащие. Но и сама кора имеет собственные шесть уровней, и на каждом уровне обрабатывается свой вид сигналов.

## Где приобрести книгу?

Книжный интернет-магазин «Лабиринт»: <https://www.labirint.ru/books/762254/>  
Издательский дом «Арт-Волхонка»: <https://www.art-volkhonka.ru/product-page/head-keys>

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Двое химиков в лаборатории:

- Вась, опусти руку в этот стакан.
- Опустил.
- Что-нибудь чувствуешь?
- Нет.
- Значит серная кислота в другом стакане.



# Медицина



**Юшина Софья Александровна**

*Ученица 11 класса Ресурсного центра «Медицинский Сеченовский Предуниверсарий» г. Москвы*

## Биологические пленки бактерий на поверхностях учебного заведения

Главная задача санитарной обработки в детских учреждениях – это предупреждение возможных заболеваний и уничтожение условно-патогенных микробов или патогенных возбудителей. Дезинфекция в школе проводится в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами, однако данные меры не учитывают новые знания о выживаемости микроорганизмов и механизмах их распространения.

Биопленка является сообществом с многовидовым составом, в котором микроорганизмы активно делятся генетическим материалом между собой. Способность к образованию биопленок микроорганизмы проявляют, когда оказываются в неблагоприятной среде, чтобы выжить. Кроме бактерий, в биопленках могут содержаться водоросли, простейшие и грибы.

Открытие биопленок как явления принадлежит А.Т. Хенричи и Дж. Костертону с коллегами, именно они в 1970 – 1980-х обратили внимание на популяции микроорганизмов, обитающих на поверхности. У этих консорциумов были выявлены новые свойства, в

частности, высокая устойчивость к антимикробным агентам.

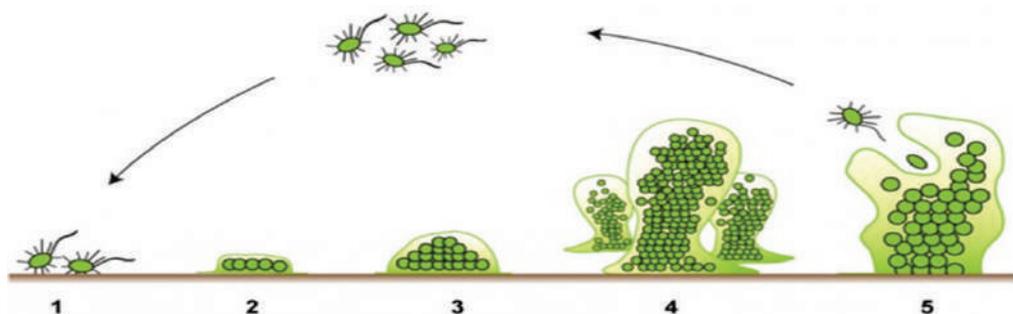
Биопленки, как правило, содержатся на шероховатых или поцарапанных поверхностях в труднодоступных для мойки и дезинфекции нишах, откуда бактерии выделяются в окружающую среду, которая является резервуаром для повторных инфекций. Предпочтительные поверхности для образования биопленок – это бетон, сталь, силикон, резина, дерево. Биопленки часто образуются на стыке поверхностей, в резьбовых соединениях и других труднодоступных местах. Считается, что 80 % бактериальных инфекций так или иначе связано с наличием биопленок. Они осложняют течение заболеваний.

### Строение биопленки

В биопленке клетки могут находиться на разных стадиях клеточного цикла. Сами бактерии составляют от 5 до 35 процентов структуры биопленки, а остальная часть – межбактериальный матрикс (защитный слой биопленки, состоящий из белков, полисахаридов, липидов и т. д.). Основа межбактериального матрикса – полисахарады,

вырабатываемые микроорганизмами. Кроме того, в составе биопленки может быть до 60 % белков, 40 % липидов, нуклеиновых кислот от 1 до 20 %. Состав матрикса варьируется в зависимости от присутствующих микроорганизмов. Основным защитным свойством биопленок является экзополисахаридный матрикс.

### Образование биопленок



*Рис 1. Механизм образования биопленки: 1 – адгезия (обратимое прикрепление микробных клеток к поверхности); 2 – окончательное необратимое прикрепление микробных клеток к поверхности; 3 – образование экзополисахаридного матрикса, начало созревания микроорганизмов внутри биопленки; 4 – замедление жизнедеятельности биопленки (стадия созревшей биопленки); 5 – открепление созревшей биопленки от поверхности (начало нового цикла)*

Механизм образования биопленки можно разделить на несколько стадий. Движущая сила образования биопленок – самоорганизация и взаимодействие между клетками (рис. 1).

Первый этап – это прикрепление микробных клеток к поверхности, или адгезия. На первом этапе процесс прикрепления обратим, клетки могут снова перейти в планктонное состояние. Адгезия происходит под действием неспецифических сил между молекулами, а также структурами на поверхности клеток и твердого субстрата. К неспецифическим силам относят физико-химические взаимодействия между молекулами и структурами на поверхности микроорганизмов (элементами клеточной стенки, жгутиков, пилей) и твердого субстрата за счёт различных взаимодействий: ван-

дер-ваальсовых, гидрофобных, ионных, электростатических;

После этого происходит окончательное, необратимое прикрепление. Этот этап называется фиксацией. Бактериальная клетка, перемещаясь вдоль субстрата, прочно связывается с ним посредством адгезии. После осуществления временного контакта с поверхностью бактерии используют свои органеллы для того, чтобы перемещаться по поверхности в двух измерениях и встретить другие бактерии. В случае успеха происходит образование или увеличение микроколонии, и после этого клетки теряют свою подвижность. На этом же этапе, помимо прочного прикрепления к субстрату, происходят: потеря бактериями подвижности, межклеточные взаимодействия, обмен генами между

микроорганизмами как одного, так и разных видов.

Следующий этап – созревание. На этом этапе клетки завершили обмен генами, и происходит образование экзополисахаридного матрикса (ЭПМ).

Уже зрелая биопленка способна изменять свою форму и размер. Развитие

### Свойства биопленки

У бактерий в составе биопленки имеется несколько очень важных свойств.

Во-первых, в биопленке взаимодействуют между собой организмы различных типов, которые имеют между собой примитивную систему связи – **чувство кворума**. Оно реализуется за счет сигнальных молекул. Благодаря процессу кворума в биопленке постоянно поддерживается селекция, сохраняются клетки с положительными свойствами и отмирают с бесполезными.

Чувство кворума свойственно как однопородным, так и многопородным биопленкам. Обычно межклеточная связь осуществляется посредством бактериальных продуктов, которые способны диффундировать из одной клетки

### Устойчивость биопленок

Когда бактерии переходят из планктонной формы в состав биопленки, они дифференцируются, подавляя в себе синтез жгутика, потому что он может дестабилизировать биопленку. Также она начинает производить экзополисахарид для биопленки. Выработка некоторых генов происходит в ответ на поверхность, к которой бактерия прикрепилась. Например, морские виды *Vibrio* для прикрепления к хитину начинают вырабатывать специальный полимер N-ацетилглюкозамина.

Для высвобождения бактерий из биопленки продуцируется фермент лиаза, который разрушает экзополисахариды. Эта функция активируется при истощении питательных веществ в составе биопленки.

Существование в биопленках дает микроорганизмам большой шанс выжить в неблагоприятных условиях, так как

биопленок происходит под воздействием внеклеточных сигналов, которые поступают из внешней среды или же производятся самими микроорганизмами. Процесс формирования биопленки регулируется специфическими генами, транскрибируемыми при начальной адгезии клеток.

в другую. Это средство общения неэффективно для взаимодействия планктонных бактерий в естественных водных условиях, так как молекулы скорее всего будут уноситься по водной фазе с очень маленькой вероятностью попадания в соседнюю бактерию.

Во-вторых, в биопленке формируются особые бактерии, получившие название **персистеры** – это специализированные формы покоящихся клеток, которые формируются в популяциях бактерий и грибов при прекращении их роста. Они, благодаря своей дифференцировке, получают большую устойчивость. Именно они помогают популяции выжить во время летальных для основной массы условий.

обеспечивает большую защиту. Экзополисахаридный матрикс служит барьером, препятствующим проникновению внутрь крупных молекул и частиц. Содержащиеся в матриксе экзополисахариды с отрицательным зарядом защищают содержащиеся в биопленке клетки от гидрофильных и положительно заряженных антибиотиков, антисептиков, дезинфицирующих средств и других агентов.

Рост бактерий в биопленках схож со стационарной фазой роста клеток. Они растут при ограниченном доступе кислорода и малом количестве продуктов питания. В подобном состоянии они более устойчивы к действию антибактериальных агентов.

Биопленки способствуют хорошей устойчивости бактерий перед факторами иммунной системы. У клеток нейтрофилов имеется достаточный

запас бактерицидных средств для воздействия, но при этом их ограничивает длительность их существования. А

### Методы выявления и разрушения биопленок на абиотических поверхностях

Для обнаружения биопленок и их контроля целесообразно производить идентификацию экзополисахаридного матрикса (ЭПМ) и разрушение ЭПМ при помощи специальных ферментов (группа карбогидраз) для извлечения бактерий с целью дальнейшей идентификации. Для успешной борьбы с биопленками необходимо своевременно применять современные методы идентификации биопленок; разрабатывать препараты для уничтожения ЭПМ и бактерий в нем, причем борьба должна производиться по двум

макрофаги под воздействием биопленки теряют фагоцитарную активность и разрушаются.

направлениям: разрушение матрикса и одновременно бактерий внутри него. Необходим контроль эффективности дезинфицирующих средств, разработка методов проникновения веществ в биопленку с целью подавления ее работы изнутри, разработка препаратов, блокирующих синтез матрикса, нарушение чувства кворума в биопленке.

Одним из самых действенных методов борьбы с биопленками будет предотвращение их образования, а не последующее уничтожение.

### Проведение эксперимента

На первом этапе были выбраны предполагаемые места локализации биологических пленок на абиотических поверхностях. Биопленки можно обнаружить в труднодоступных, застойных местах, на границе раздела различных поверхностей, которые имеют постоянный и периодический контакт с жидкостями и органическими веществами, используемыми бактериями в качестве питательных веществ.

Индикатор BFR reghofilm (О-индикатор для экспресс-обнаружения зрелых грамотрицательных и грамположительных бактерий на основе смеси перекиси водорода и катионных ПАВ) наносили на различные поверхности, в том числе поверхности вокруг кранов, раковин, парты, стулья, стилус, кафельную плитку, швабру, не допуская взбалтывания, в соответствии с инструкцией (рис. 2).

В основе этого экспресс-теста лежит реакция раствора индикатора с антиоксидантной ферментной системой защиты микроорганизмов (рис. 3). Обнаружение бактерий в биопленке основано на появлении барботирования (образовании микропузырьков) на обработанной поверхности в результате реакции бактериального фермента каталазы

с пероксидом водорода. Степень интенсивности барботирования зависит от степени обсеменения микроорганизмами и позволяет обнаруживать реакцию невооруженным глазом. При положительной реакции в течение 5 – 30 секунд после нанесения индикатора начался процесс барботирования, что подтверждало наличие биопленок (рис. 4).



Рис. 2. Нанесение индикатора на основе перекисных соединений

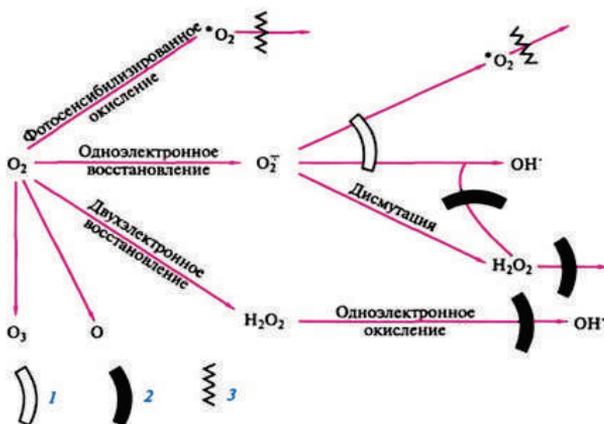


Рис. 3. O-экспресс-тест обнаружения наличия зрелых грамотрицательных и грамположительных бактерий. O-индикатор взаимодействует с системой ДНК-репарации и различными субстратами, участвующими в нейтрализации свободных радикалов (каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза)



Рис. 4. Процесс барботирования при выявлении биопленок микроорганизмов при помощи индикатора BFR peroxylfilm

Данный процесс протекал на части исследуемых поверхностей более интенсивно (например, поверхности вокруг кранов, а также сливные отверстия раковин). Местом локализации биопленок также является уборочный инвентарь. На части поверхностей процесса барботирования не было (парты, кафельная плитка, стул). В большинстве случаев биопленки микроорганизмов обнаружили, как и предполагалось, в труднодоступных местах – застойных, на границе раздела различных поверхностей, которые имели постоянный и периодический контакт с жидкостями. Такими местами оказались краны сантехнических узлов, сливные отверстия раковин, уборочный инвентарь.

После обнаружения биопленок микроорганизмов и перед проведением бактериологических смывов был проведен ферментный тест – процедура разрушения экзополисахаридного матрикса биопленки индикатором BFR enzymofilm (индикатор, позволяющий с помощью растворов специальных ферментов, входящих в его состав, растворять экзополисахаридный матрикс). В результате разрушения структур ЭПМ бактериальные клетки освобождаются от защитного барьера и могут быть уничтожены, удалены или идентифицированы в ходе последующих процедур.

Следующий этап нашей работы заключался во взятии смывов из мест локализации выявленных биопленок. Процедуру производили стерильными ватными тампонами (свабами) с литиновым бульоном (среда, содержащая лецитин и

твин-80 для нейтрализации действия ингибирующих веществ, дезинфектантов) через 10 минут после нанесения ферментного индикатора и без его предварительного смывания. При контроле мелких предметов (краны, стилус, губка и т.д.) смывы забирали с поверхности всего предмета. При работе с предметами с большой поверхностью (стулья, парты) смывы проводили в нескольких местах исследуемого предмета так, чтобы их общая площадь составляла примерно 100 см<sup>2</sup>. Пробы транспортируют при 4°С в лабораторию.

Далее проводили микробиологические исследования смывов на наличие *Staphylococcus aureus*, бактерий группы кишечных палочек (БГКП), а также оценивали количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ)

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты.

Наибольшее количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) (группа санитарно-показательных микроорганизмов) было выявлено в образцах 1,3,7,13 (слив раковины, краны, щетка; см. табл. 1). Именно на поверхностях этих образцов наблюдалась высокая степень барботирования при нанесении индикатора BFR reghoxyfilm, что свидетельствовало о наличии каталазоположительных микроорганизмов в составе экзополисахаридного матрикса биопленки.

Табл. 1. Результаты исследования смывов после обнаружения биопленок на различных поверхностях

№ образца	Исследуемая поверхность	Наличие биопленок (барботирования) +/-	КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>2</sup>
1	сливное отверстие раковины (учебный кабинет)	+	1,5·10 <sup>4</sup>
2	парта (учебный кабинет)	-	менее 1·10 <sup>2</sup>
3	кран (сан. узел)	+	3·10 <sup>5</sup>
4	сливное отверстие раковины (сан. узел)	+	6,5·10 <sup>3</sup>
5	губка для посуды	-	менее 1·10 <sup>2</sup>

6	сливное отверстие раковины (сан. узел)	-	менее $1 \cdot 10^2$
7	кран (учебный кабинет)	+	$3,8 \cdot 10^4$
8	стул (учебный кабинет)	-	менее $1 \cdot 10^2$
9	стилус		$4 \cdot 10^2$
10	парта (кабинет учебный)	-	менее $1 \cdot 10^2$
11	кран (сан. узел)	+	$5 \cdot 10^2$
12	сливное отверстие раковины (сан. узел)	-	менее $1,2 \cdot 10^2$
13	щётка (сан. узел)	+	$6 \cdot 10^4$
14	кафельная плитка (сан. узел)	-	менее $1 \cdot 10^2$

Состав КМАФАнМ представлен различными таксономическими группами микроорганизмов – бактериями, дрожжами, плесневыми грибами (рис. 5). Их общая численность в образцах 1,3,7,13 говорит о недостаточном санитарно-гигиеническом состоянии

поверхности, высокой степени его обсемененности микрофлорой. Показатель КМАФАнМ позволяет также оценивать уровень санитарно-гигиенических мер на объектах социальной сферы, выявлять нарушения в санитарной обработке и дезинфекции.

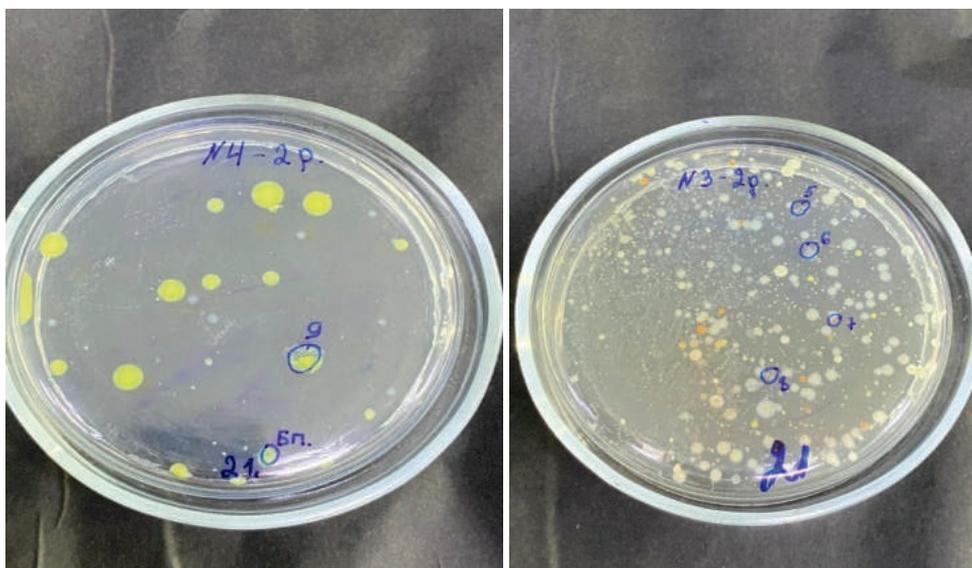


Рис. 5. Рост мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов на агаре PSA в смывах с изучаемых объектов

В образце № 3 (кран в сан. узле) были обнаружены бактерии группы кишечных палочек. На хромогенном агаре Chromocult Coliform Agar были

обнаружены характерные для колиформных бактерий колонии, окрашенные в розовый (красный) цвет (рис. 6).



Рис. 6. Рост колиформных бактерий на агаре *Chromocult Coliform*

На селективном агаре по Байрд-Паркеру для выделения и количественного учета *Staphylococcus aureus* в смывах было подтверждено наличие данного микроорганизма в двух образцах с биопленкой на исследуемой поверхности – № 3 и № 4 (кран и сливное отверстие). Колонии стафилококков проявляли две характерные особенности на этой среде: во-первых, характерные

зоны и кольца, образующиеся в результате липолиза и протеолиза; во-вторых, восстановление теллурита до теллура, сопровождающееся почернением среды (рис. 7).

В дальнейшем была проведена идентификация микроорганизмов с использованием коммерческих тест-систем и подтверждена их принадлежность к *Staphylococcus aureus*.

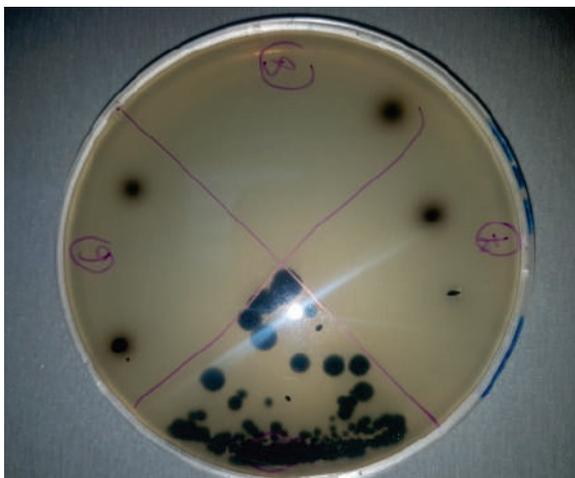


Рис. 7. Рост *Staphylococcus aureus* на агаре Байрд-Паркер

Чтобы эффективно предотвращать распространения инфекционных заболеваний, необходимо организовать мойку и дезинфекцию поверхностей учебных

учреждений с учетом новых знаний о механизмах образования, развития и локализации биологических пленок микроорганизмов.



# Олимпиады



## Глаголев Сергей Менделевич

Кандидат биологических наук, учитель биологии Московской школы на Юго-Западе № 1543, доцент Специализированного учебно-научного центра Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

## Интернет-олимпиада СУНЦ МГУ – 2020. Задачи по биологии третьего тура

В этом году на Интернет-олимпиаде СУНЦ МГУ задачи по биологии были одинаковыми для всех классов от 7 до 10. Но учащимся 7 – 8 классов в этом туре засчитывались баллы за 5 лучших ответов, а ученики 9 – 10 классов должны были ответить на все вопросы.

### Вопрос 1 (40 баллов)

А) Составьте определитель (дихотомический ключ) для изображенных на рис. 1.1 – 1.7<sup>1</sup> побегов деревьев в безлистном состоянии, пронумеровав их номерами рисунков (на рис. 1.4А и 1.4Б – один и тот же вид). Оцениться будет рациональность ключа (насколько он короткий) и надеж-

ность. Чтобы ключ был надежным, в каждой тезе и антитезе нужно указывать несколько признаков (а если один – то совершенно четкий!). Советуем использовать размерные характеристики почек и побегов только как вспомогательные признаки или вообще не использовать.

<sup>1</sup> Источник иллюстраций – Wikimedia commons, автор рис. с масштабной шкалой – [Stefan.lefnaer](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stefan.lefnaer).



*Рис. 1.1*



*Рис. 1.2*



*Рис. 1.3*



*Рис. 1.4A*



*Рис. 1.4Б*



*Рис. 1.5*



Рис. 1.6

Б) Если вы узнали какие-то из этих деревьев или смогли по ходу дела их определить – приведите их родовые латинские названия в ключе.

**Ответ:**

Ответ на вопрос А) дать заранее нельзя, это творческое задание. Проверяющие должны были выработать критерий, посмотрев работы. Рекомендовалось учитывать разумность деления на подгруппы: например, если сначала (в первой тезе) все побеги делятся на побеги с супротивным и очередным листорасположением – это достаточно разумно, и оценивать это нужно положительно; нужно также положительно оценивать использование в ключе разных признаков – например, не только строения и расположения почек, но и признаков самих побегов.

Пример ключа:

1. Почки супротивные, крепятся к побегу напротив друг друга в пазухах супротивных листьев, от которых остаются более или менее заметные листовые рубцы под основанием почки (1, 2, 5) – 2.

Почки очередные, крепятся к побегу поодиночке в пазухах очередных листьев, от которых в основании каждой почки остается более или менее заметный листовый рубец (3, 4, 6, 7) – 4.

2. 2 – 3 пары боковых почек сидят друг над другом (сериально). Почки отклоняются от стебля почти под прямым



Рис. 1.7

углом, заостренные. Почечных чешуй несколько, черепицеобразно налегающих друг над другом, опушенных. Побеги тонкие, серые матовые – 2 (*Lonicera*).

Признаки иные – 3.

3. Почки заостренные, почечные чешуи зеленые. Побеги зеленые, с черными бородавочками – 1 (*Euonymus*).

Почки притупленные, почечные чешуи черные. Побеги серые – 5 (*Fraxinus*).

4. Наружных почечных чешуек много (более 5), черепитчато расположенных – 5.

Наружных почечных чешуй 1 или 2 – 3 – 6.

5. Почки крупные (около 1 см длиной), узкие, их длина в 4 раза и более превышает ширину – 4 (*Fagus*).

Почки более мелкие (около 0,5 см длиной), их длина не более чем вдвое превышает ширину – 6 (*Quercus*).

6. Почки на ножках (черешчатые), почечных чешуй 2 – 3; побеги с редкими беловатыми чечевичками – 3 (*Alnus*).

Почки сидячие, почечная чешуя одна, колпачковидная; побеги без беловатых чечевичек – 7 (*Salix*).

За вопрос А – 26 баллов.

Ответ на вопрос Б: *Euonymus*, *Lonicera*, *Alnus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Salix*.

За вопрос Б – 14 баллов, по 2 балла за каждое верное латинское название.

**Вопрос 2 (30 баллов)**

На рис. 2А и рис. 2Б<sup>2</sup> изображены разные виды морских животных, совместно обитающих на одном из коралловых рифов.

А) Как вы думаете, к каким типам и классам относится каждое из этих животных?

Б) Предполагается, что сходство их окраски не случайно. Оно

может быть обусловлено разными причинами (в зависимости от характеристик и образа жизни каждого из видов).

Назовите эти причины, рассуждая по принципу «если..., то...», и укажите, какую выгоду в каждом случае получает один из видов или оба.



Рис. 2А



Рис. 2Б

**Ответ:**

А) 2А – тип плоские черви, класс турбеллярии; 2Б – тип моллюски, класс брюхоногие (гастроподы)

На первом рисунке – представитель поликлад, на втором – голожаберников. Голожаберника можно узнать по характерным головным щупальцам (ринофорам) и венчику жабр<sup>3</sup>. Плоского червя узнать сложнее, его можно предположительно опознать по общей форме тела и отсутствию каких-либо наружных органов.

За вопрос А – 5 баллов.

Б) Неслучайное сходство окраски и формы тела разных видов, встречающихся совместно – мимикрия<sup>4</sup> (один из видов называется моделью, другой – подражателем, причем модель обычно более многочисленна, чем подражатель (употребление или неупотребление

терминов в ответе при проверке не учитывалось).

Если один из видов хорошо защищен от хищников (ядовит или использует клептокниды, т. е. «ворованные» (усвоенные из пищи) стрекательные клетки книдарий (за знание этой способности голожаберников добавлялись баллы) – то это может быть бейтсовская мимикрия. В этом случае, скорее всего, моделью является голожаберник, подражателем – плоский червь. Выгоду получает подражатель, так как его избегают хищники.

Если оба вида хорошо защищены (ядовиты или используют клептокниды – в принципе, некоторые плоские черви к этому тоже способны), то это может быть мюллеровская мимикрия. Выгоду получают оба вида, так как в процессе обучения хищников избеганию каждый из них несет меньшие потери.

<sup>2</sup> Источник иллюстраций - <http://www.seaslugforum.net/find/11905>

<sup>3</sup> см. [https://en.wikipedia.org/wiki/Nudibranch#Anatomical\\_description](https://en.wikipedia.org/wiki/Nudibranch#Anatomical_description)

<sup>4</sup> см. <https://en.wikipedia.org/wiki/Mimicry>



Это может быть мертенсовская мимикрия. Если один из видов (например, голожаберник) смертельно ядовит для каких-то хищников, он может подражать менее ядовитому виду. Хищники, съевшие смертельно ядовитый вид, уже ничему не научатся; хищники, съевшие менее ядовитый (модель), будут избегать более ядовитого (подражателя). Выгоду предположительно получает более ядовитый вид. Во всех этих случаях не

исключено, что оба вида подражают какому-то еще, третьему.

Другие варианты менее вероятны. Например, в случае агрессивной мимикрии (см. статью в Википедии) хотя бы один из видов должен иметь достаточно совершенное (предметное и к тому же цветковое) зрение, а оно, насколько известно, у этих животных отсутствует. Эту идею можно оценивать, но меньшим количеством баллов.

За вопрос Б – 25 баллов.

### Вопрос 3 (40 баллов)

*Миша рассказывает своей подруге Леночке:*

*– Я в нашем саду часто вижу гусениц. А недавно нашел одну странную! Сидит на веточке, а прямо рядом с ней – какие-то опутанные паутиной комочки. Я посмотрел внимательно – под паутиной вроде бы просвечивают маленькие червячки. И гусеница их оплетала паутиной сверху! А когда я до нее дотронулся – не уползла и не упала с ветки, как часто делают гусеницы, а как начнет дергаться и бить головой во все стороны – я даже руку отдернул!*

*– А может, это она своих детенышей защищает? – спросила Леночка.*

*– Что ты! Какие у гусеницы детеныши? Чтобы яйца отложить, она ведь должна превратиться в бабочку! Совершенно не понимаю, зачем она так себя вела, рискуя жизнью – если она не прячется, её ведь может кто-нибудь съесть!*

*– Ну, может быть, это была сумасшедшая гусеница.. знаешь, как та рыба, которая сидела на дереве, у Стругацких! – предположила начитанная Леночка.*

*– С ума поодиночке сходят, – тоже не полез в карман за цитатой Миша. – А я потом еще несколько таких нашел!*

*Как вы думаете, чем может объясняться такое поведение гусениц? Даже*

*если вы знаете или сможете найти «правильный» ответ – попробуйте предложить другие, собственные гипотезы.*

#### **Ответ:**

Так ведут себя некоторые гусеницы, зараженные наездниками. После выхода личинок наездников гусеница помогает им строить коконы и затем охраняет их до момента вылупления. По-видимому, это поведение вызывается вирусом, который проникает в мозг гусеницы. По другим данным, 1 – 2 личинки остаются внутри гусеницы и как-то регулируют ее поведение<sup>5</sup>.

При проверке за такой ответ (скорее всего, найденный в Интернете) более высокие баллы ставились, если было дано объяснение того, как уже после выхода из тела хозяина личинок его поведение остается управляемым.

Другие возможные гипотезы:

1) Гусеница все-таки защищает потомство, вышедшее из яиц того же вида. Это возможно, например, если одна самка бабочки откладывает несколько кладок яиц на одно кормовое растение, и гусеница защищает своих родных братьев и сестер. Может быть, гусеницы из ранних кладок вообще «жертвуют» собственным размножением<sup>6</sup>, а может быть, позднее они прodelьывают метаморфоз и откладывают собственные кладки.

<sup>5</sup> см. <https://www.youtube.com/watch?v=vMG-LWvNcAs>, см. также [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/434498/Chuzhie\\_protiv\\_khishchnikov](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434498/Chuzhie_protiv_khishchnikov)

<sup>6</sup> Эусоциальность встречается у самых неожиданных организмов – см., например, [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/431418/U\\_ploskikh\\_chervey\\_obnaruzhena\\_eusotsialnost](https://elementy.ru/novosti_nauki/431418/U_ploskikh_chervey_obnaruzhena_eusotsialnost)

2) Гусеницы могут защищать таким способом свою добычу – каких-нибудь мелких личинок насекомых. Хотя и редко, но хищные гусеницы встречаются, и некоторые из них опутывают добычу паутиной своих паутинных желез<sup>7</sup>.

Такую гусеницу Миша и Леночка могли встретить (особенно если они живут на Гавайях). За каждую такую идею в зависимости от грамотности изложения можно было ставить по 10 баллов.

Возможны более сложные схемы – например, гусеница охраняет каких-то насекомых, которые добывают ей пищу из

растения (как муравьи охраняют тлей) или помогают это делать, ослабляя растение, и т.п. Если были такого рода разумные идеи – их тоже учитывали при проверке.

Справедливости ради нужно отметить, что некоторые гусеницы бабочек-мешочниц все-таки размножаются. Это партеногенетическое размножение на личиночной стадии – один из вариантов педогенеза. Но яйца при этом развиваются в новое поколение личинок внутри тела «материнской» гусеницы, так что защищать их таким способом, как описано в задаче, гусеницам не приходится.

#### Вопрос 4 (40 баллов)

*Ученик девятого биологического класса Вася отвечает на уроке:*

*– Оба перерезанных участка пищевода приживлялись на кожу шеи. Животные могут есть и глотать пищу обычным путем, но она при этом не попадает в желудок. Это – мнимое кормление. Мнимое кормление сопровождается выделением желудочного сока через фистулу желудка. Этот опыт доказывает рефлекторную природу выделения желудочного сока при участии продолговатого мозга. В другом опыте (малый желудок по Павлову) участок желудка изолировали от основной его полости, сохраняя связь их стенок. Все время, пока пища находилась в основном желудке, из фистулы малого желудка выделялся желудочный сок. Это говорит о наличии гуморальной регуляции выделения желудочного сока.*

*– Откуда ты все это взял? – спрашивает учитель.*

*– Про мнимое кормление – это прямо по учебнику, параграф 32, а про малый желудок – из презентации, я ее в Интернете нашел, – отвечает Вася.*

*– Ну, и зачем ты все это повторяешь? Ты сам подумай, ведь на самом деле оба этих опыта ничего не доказывают!*

*А) Почему опыт с мнимым кормлением не доказывает рефлекторную (нервную) регуляцию сокоотделения в желудке?*

*Б) Почему опыт с малым желудком не доказывает гуморальный характер регуляции?*

*В) Как нужно усовершенствовать опыт с мнимым кормлением, чтобы доказать, что регуляция именно нервная? Попробуйте предложить несколько вариантов ответа.*

*Г) Как нужно усовершенствовать опыт с малым желудком, чтобы доказать, что существует гуморальная регуляция? Предложите несколько вариантов. (Подсказка: возникнут сложности, связанные с особенностями строения разных отделов вегетативной нервной системы).*

#### **Ответ:**

*А) Сигнал, передающийся от вкусовых рецепторов ротовой полости в мозг, с тем же успехом может вызывать секрецию каких-то гормонов гипофизом или гипоталамусом. Эту возможность следует исключить. Теоретически возможны и другие разумные варианты, их нужно учитывать при проверке (5 баллов).*

*Б) Как и в первом случае, сигналы от каких-то рецепторов основного желудка могут передаваться в головной мозг и вызывать рефлекторное сокоотделение. Но, кроме того, возможны и местные рефлексы при участии метасимпатического отдела ВНС, который пронизывает стенки большого и малого желудка (10 баллов за полный ответ).*

<sup>7</sup> см. [https://www.researchgate.net/publication/7704228\\_Web-Spinning\\_Caterpillar\\_Stalks\\_Snails](https://www.researchgate.net/publication/7704228_Web-Spinning_Caterpillar_Stalks_Snails)



В) Поскольку известно, что от продолговатого мозга отходит блуждающий нерв, который иннервирует желудок и стимулирует сокоотделение, нужно перерезать его ветвь, идущую к желудку (технически это вполне возможно). Если регуляция действительно была нервной – эффект исчезнет. Другой вариант – попробовать заблокировать мускариновые рецепторы ацетилхолина на клетках, выделяющих гастрин, с помощью какого-то вещества-блокатора (М-холиноблокаторы). Это проще сделать как раз на изолированном малом желудке. Если эффект при мнимом кормлении пропадет – скорее всего, регуляция НЕ рефлекторная. Если сохранится – это еще ничего не значит, на эти рецепторы может действовать и ацетилхолин плазмы крови или местных нейронов метасимпатического отдела, которые могут стимулироваться гормонами (10 баллов за полный ответ).

Г) Нужно блокировать нервные механизмы передачи сигналов. Операция с перерезкой вагуса (если эффект сохранится) докажет только, что это не рефлекс головного мозга. Если одновременно перерезать ветви симпатических нервов – это докажет, что рефлекс не

центральный. Но останется метасимпатический отдел, и возможность местной рефлекторной регуляции мы не исключим. Можно пытаться заблокировать одновременно все рецепторы, которые участвуют в работе метасимпатического отдела. Если эффект сохранится – задача почти наверняка гуморальная. Если он исчезнет – это ни о чем не говорит, так как гормоны и паракринные факторы могут действовать на железы через те же рецепторы, что и нейромедиаторы.

Остается полная изоляция малого желудка (операция по Гейденгайну). Если после этого в нем все равно будет выделяться желудочный сок после попадания пищи в основной желудок – значит, сигнал передается гуморально, через кровь. Другой вариант – опыт с перекрестным кровообращением двух собак. Для этого, правда, не нужен малый желудок – нужна только желудочная фистула у голодной собаки. Если при кормлении собаки, кровь которой попадает в кровяное русло собаки с фистулой, у нее выделится желудочный сок – значит, регуляция гуморальная. Возможны и другие разумные варианты, учитывавшиеся при проверке (15 баллов).

### Вопрос 5 (30 баллов)

*На рис. 5.1 показано изменение во времени числа семейств морских организмов с начала кембрийского периода до наших дней.*

А) Найдите и укажите явное несоответствие современным представлениям на графике.

Б) Цифрами обозначены пять крупнейших массовых вымираний. Практически все они совпадают с концами периодов и/или эр. Как вы думаете, почему?

В) После каждого резкого падения графика наблюдается более резкий его рост, чем в другие отрезки времени. С чем это связано?

**Ответ:**

А) Начало кембрия, судя по масштабу на горизонтальной шкале, здесь

датируется возрастом 570 – 580 млн лет назад. Согласно современной геохронологической шкале, кембрий начался 540 млн лет назад (5 баллов).

Б) Потому что границы периодов и эр – это этапы истории Земли, во время которых происходили наиболее существенные глобальные изменения флоры и фауны. Один период сменяется другим как раз тогда, когда одни формы вымирают, а другие, новые, появляются. Короче говоря, границы эти как раз и проведены там, где происходили массовые вымирания. А поскольку морская фауна лучше всего сохраняется в летописи, неудивительно, что эти границы в основном и совпадают с периодами вымирания морской фауны (10 баллов).

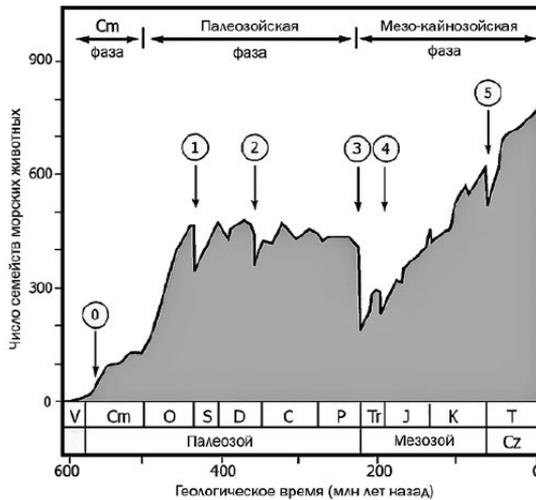


Рис. 5.1. Изменение числа семейств морских животных во времени<sup>8</sup>

В) В стабильных сообществах темпы эволюции снижены, а главное, возможные ее направления сильно ограничены. В них наиболее вероятно появление все более специализированных видов и все более мелкая «нарезка» экологических ниш. Естественно, в таких условиях редко возникают новые семейства. При разрушении

старых сообществ в результате массового вымирания эти ограничения снимаются: появляется множество свободных экологических ниш (вакансий) и начинается более быстрая ненаправленная, некогерентная эволюция, в ходе которой возникают новые таксоны крупного ранга – семейства, отряды и классы<sup>9</sup> (15 баллов).

### Вопрос 6 (30 баллов)

Ученые заметили, что некоторые самки дрозофилы при скрещивании с нормальными самцами откладывают яйца, из которых вылупляются только личинки, имеющие вместо головы и груди второе брюшко. Сами эти самки имели нормальный фенотип. Матери таких самок давали только нормальное потомство; в том числе потомство было нормальным при скрещивании всех самцов-братьев самок, дающих безголовое потомство, с их

матерями. При этом всех мух держали в одинаковых условиях – видимо, дело было в какой-то мутации, передающейся по наследству.

А) Попробуйте предложить объяснение этого «странного» случая с точки зрения генетики. Приведите схемы скрещивания, поясняющие ваш ответ.

Б) С какими особенностями работы соответствующего гена связано «странное» наследование этого и других подобных признаков?

<sup>8</sup> Источник: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/433448/Zhizn\\_na\\_sushe\\_rastsvet\\_krizis\\_vozrozhdenie](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433448/Zhizn_na_sushe_rastsvet_krizis_vozrozhdenie) По данным Sepkoski, J.J. Jr, 1984, A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity, III. Post Paleozoic families and mass extinctions: Paleobiology 10:246-267.

<sup>9</sup> Подробнее см. [http://www.evolbiol.ru/zherihin\\_1986.htm](http://www.evolbiol.ru/zherihin_1986.htm).

**Ответ:**

А) Ген *bicoid*, о котором идет речь в задаче – ген с материнским эффектом. Самки с генотипами *bic<sup>+</sup>/bic<sup>+</sup>* или *bic<sup>+</sup>/bic<sup>-</sup>* (гомо- или гетерозиготы по нормальному аллелю) в любых скрещиваниях дают нормальное потомство. Самки с генотипом *bic<sup>-</sup>/bic<sup>-</sup>* (гомозиготы по мутации с потерей функции гена) в любых скрещиваниях дают безголовое потомство. В нашем случае самки *bic<sup>-</sup>/bic<sup>-</sup>* – потомки самок *bic<sup>+</sup>/bic<sup>-</sup>* и самцов *bic<sup>+</sup>/bic<sup>-</sup>* или *bic<sup>-</sup>/bic<sup>-</sup>*. Сами они нормальные, но все их потомство будет безголовым. При скрещивании их братьев с любым генотипом и самок-матерей *bic<sup>+</sup>/bic<sup>-</sup>* все потомство будет нормальным (20 баллов).

**Вопрос 7 (40 баллов)**

Десятиклассник Алеша прочитал в учебнике описание основных этапов получения генно-инженерного инсулина: «Сначала нужно выделить из клетки человека ДНК и, разрезав ее с помощью фермента рестриктазы, выделить участок, содержащий ген инсулина. Затем той же рестриктазой нужно обработать плазмиду – небольшую кольцевую молекулу ДНК – и с помощью фермента лигазы встроить в плазмиду ген инсулина. На следующем этапе плазмиды с геном инсулина нужно ввести в клетки бактерий – например, клетки кишечной палочки. Этот процесс называется трансформацией. При размножении бактерий плазмиды размножаются вместе с ними (клонировуются), а содержащаяся в них генетическая информация считывается и используется для синтеза белков. Генетический код универсален, ферменты и рибосомы бактерий правильно считывают генетическую информацию гена человека. Поэтому в трансформированных бактериях будет синтезироваться инсулин. Остается только выделить его из бактериальной биомассы и очистить».

Б) Здесь, как и в других случаях действия генов с материнским эффектом, фенотип потомства определяется не его собственным генотипом, а генотипом матери. Происходит это потому, что в организме матери еще до оплодотворения идет транскрипция соответствующих генов и накопление их продуктов в яйцеклетках (в нашем случае – создается градиент иРНК гена *bicoid*, который транскрибируется в передних питающих клетках и оттуда поступает в яйцо). К моменту оплодотворения соответствующий признак (детерминация головы и груди с помощью градиента иРНК) уже сформирован, и гены отца на его проявление не влияют (10 баллов).

– Ничего себе! – жалуется Алеша своему старшему брату, студенту биофака Саше, – столько этапов, и над каждым еще надо повозиться!

– На самом деле этапов гораздо больше! – отвечает Саша. – Во-первых, из сотен тысяч клеток трансформируется в среднем только одна, и ее еще нужно найти в общей массе – ведь нам нужно размножить только трансформированных бактерий! И даже когда это удастся сделать, по методике, описанной в учебнике, никакого человеческого инсулина ты не получишь. Тут возникает много сложностей, и из-за них приходится делать все гораздо хитрее...

А) Как можно найти среди сотен тысяч клеток одну трансформированную, чтобы потом размножить именно ее?

Б) О каких сложностях говорит Саша? Как ученым удалось их преодолеть?

(Подсказка: эти сложности отчасти связаны с различиями в структуре генов прокариот и эукариот, а отчасти – с особенностями инсулина. Технические детали и сложности уже описанных в вопросе этапов в ответе рассматривать не надо).

**Ответ:**

А) Обычно это делается с помощью «прямой селекции»<sup>10</sup>; в клетку вместе с геном, который мы хотим клонировать, вводится, например, ген устойчивости к антибиотику, а затем в среду добавляется этот антибиотик. Выживают только трансформированные клетки (10 баллов).

Б) Во-первых, этот ген нужно, как говорят, «поставить под хороший бактериальный промотор», чтобы он активно экспрессировался. Во-вторых, в плазмиду нужно встроить регуляторный элемент, чтобы она не просто делилась одновременно с клеткой, но увеличивала число своих копий в каждой клетке. Только при этих двух условиях можно достаточно эффективно получать инсулин в промышленных количествах. Но это не главные затруднения. Главных – два.

1. В гене инсулина есть экзоны и интроны, а клетка бактерии не умеет вырезать интроны, и с гена считывается пре-мРНК, которая кодирует вовсе не инсулин. Преодолеть эту сложность можно двумя способами: 1) выделить иРНК инсулина из клетки человека, получить к-ДНК (с-DNA) с помощью обратной

транскрипции, а затем уже клонировать к-ДНК; 2) искусственно синтезировать полинуклеотиды, кодирующие две цепи инсулина, и по отдельности встраивать их в плазмиду (каждую под своим промотором).

2. Вторая сложность связана как раз с тем, что инсулин синтезируется как препропептид (проинсулин) в виде одной полипептидной цепочки, а уже после синтеза на рибосоме из нее вырезается короткий фрагмент, и две образовавшиеся отдельные аминокислотные цепочки «сшиваются» дисульфидными связями. Правильно разрезать и сшивать инсулин клетка бактерии тоже не умеет, и обе операции (в случае клонирования к-ДНК) или вторую из них (в случае клонирования двух синтетических фрагментов ДНК) придется проводить химическим путем уже после выделения инсулина.

Могут быть и другие разумные соображения (например, об использовании бактериями формилметионина, а не метионина при старте синтеза или о необходимости гликозилирования инсулина после завершения синтеза) (30 баллов).

**Калейдоскоп****Калейдоскоп****Калейдоскоп**

Из русских поэтов очень многие вдохновились химией после открытия Менделеевым его периодического закона. Самыми яркими были А. Белый и С. Городецкий.

Он верит в вес, он чтит пространство,  
Он нежно любит материал.  
Он вещества не укорял  
За медленность и постоянство.

Но Ломоносов еще до Менделеева писал стихотворения по химии. Вот пример одного из них:

Неправо о вещах те думают, Шувалов,  
Которые стекло чтут ниже минералов,  
Приманчивым лучом блистающих в глаза.  
Не меньше польза в нем, не меньше в нем краса.  
Не редко я для той с Парнасских гор спускаюсь;  
И выше от нее на верх их возвращаюсь,  
Пою перед тобой в восторге похвалу,  
Не камням дорогим, ни злату, но стеклу  
И как я оное хваля воспоминаю,  
Не ломкость лживого я счастья представляю.  
Не должно тленности примером тое быть,  
Чего и сильный огонь не может разрушить,  
Других земных веществ конечный разрушитель:  
Стекло им рождено; огонь его родитель...

Семен К.

<sup>10</sup> см. <https://elementy.ru/problems/1293>

**Корнейчук Андрей Яковлевич**

*Учитель химии, руководитель методического объединения естественных наук ГБОУ «Школа № 1535», сотрудник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Научные интересы – квантовая химия, квалитетрия, оценка качества образования, методика подготовки к олимпиадам по химии*

**Трубицын Евгений Александрович**

*Учитель химии и физики, руководитель методического объединения естественных наук ГБОУ «Школа № 218». Победитель Московской городской олимпиады «Учитель школы большого города» в 2018-2019 уч. году. Научные интересы – методика преподавания курсов химии и физики в школе при условии реализации их одним учителем.*



# Задания LXXVII Московской городской олимпиады школьников по химии 2021 г. (9 класс)

И снова мы приступаем к традиционному разбору заданий «мостора» по химии. Самое первое задание комплекта погружает нас в интригу, а заключительное – дает участникам возможность почувствовать себя «Менделеевыми»...

Каждое задание «стоит» 20 баллов.

**Задача № 1**

В определённый период среди европейских алхимиков было принято зашифровывать результаты своих исследований, в том числе сопоставляя вещества с различными животными. В приведенном ниже тексте вещества зашифрованы под видом людей, живущих в одной усадьбе.

«... Мы шли с мистером Найтдримером, отличающимся энциклопедическими познаниями, в том числе о жителях строгой на вид усадьбы, которую содержали в идеальном порядке. Пока мы прогуливались вдоль ограды, я узнал,

что мистер Найтдример помогал (в числе прочих) навести этот порядок, много общался с обитателями, и потому многое мог рассказать о них. От него я узнал, что в доме живут прелестные мисс Аурелия и мисс Кимберли, славящиеся своей красотой, за которую их любили все жители окрестных мест. Мисс Аурелия отличалась мягкостью и скромностью и была малообщительной, только гость из Франции мсье Амбре мог её разговорить, да ещё ей было комфортно с мистером Квиксильвером, рядом с которым она с



удовольствием молчала. Мисс Кимберли же отличалась очень твёрдым характером. Мистер Лайт однажды очень бурно поспорил с мсье Амбре, страсти кипели, было страшновато подойти к ним. Но при этом мистер Лайт стеснялся миссис Уотер, ему как будто мешал какой-то барьер, когда они оставались наедине, но в присутствии мистера Квиксильвера они могли спокойно поговорить. Мистер Вред же отличался повышенной активностью, чем-то был похож на Амбре и, к сожалению, ломал почти все, что попадалось ему под руку, слишком он был энергичным. Однажды даже сломал медную ложку. В конце прогулки мистер Найдример сообщил, что большинство из жителей усадьбы всё-таки простые

люди, что бы раньше про них ни говорили...».

1. Какие вещества зашифрованы в тексте?

2. Какие процессы с участием этих веществ упоминаются в тексте? Там, где это возможно, запишите необходимые уравнения реакций.

3. Что символизирует усадьба?

4. Какая настоящая фамилия у мистера Найдримера?

**Решение:**

1. Большая часть веществ являются простыми. По описанию характеров «людей» можно сделать выводы о свойствах веществ. Также даны подсказки в фамилиях персонажей, по которым можно понять, какие вещества зашифрованы.

Персонаж	Вещество	Пояснение	Баллы
мисс Аурелия	Золото Au	Дан намёк на мягкость золота, золото является одним из самых пластичных металлов. Женское имя «Аурелия» переводится как «золотая» (лат.)	1
мисс Кимберли	Алмаз (бриллиант) C	Очень твёрдое вещество. Намёк о кимберлитовых трубках, в которых, по оценкам, содержится около 90 % запасов алмазов.	1
мсье Амбре	Бром Br <sub>2</sub>	Намёк в фамилии, название «бром» переводится как «зловонный» (др.-греч.) Бурно реагирует с алюминием. Взаимодействует с золотом.	2
мистер Квиксильвер	Ртуть Hg	Намёк в фамилии, «квиксильвер» – примерный перевод на английский язык латинского названия «гидраргирум». Может образовывать амальгамы с золотом, алюминием.	2
мистер Лайт	Алюминий Al	Намёк на низкую плотность, алюминий – один из лёгких металлов. Также это можно понять, используя факт, что с водой взаимодействие не идёт, т. к. поверхность алюминия пассивирована оксидной плёнкой, но амальгама алюминия с водой реагирует.	1
миссис Уотер	Вода H <sub>2</sub> O	«Уотер» – «вода» (англ.)	1
мистер Вред	Фтор F <sub>2</sub>	Очень активный, «фтор» – «разрушительный» (др.-греч.)	2
Сумма баллов:			10

2. Процессы (в том числе химические реакции):

Участвующие персонажи	Процесс	Баллы
Аурелия и Амбре	$2\text{Au} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{AuBr}_3$	1
Аурелия и Квиксильвер	Образование амальгамы золота	1



Лайт и Амбре	$2Al + 3Br_2 \rightarrow 2AlBr_3$	1
Лайт, Квиксильвер, Уотер	Образование амальгамы алюминия	1
	$2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2$	1
Вред с медной ложкой	$F_2 + Cu \rightarrow CuF_2$	1
Сумма баллов:		6

3. Усадыба – периодическая таблица (периодический закон) Д.И. Менделеева – 2 балла. 4. Настоящая фамилия мистера Найтдримера – Менделеев. Обыграна легенда о том, что Д.И. Менделеев, являющийся ученым-энциклопедистом, увидел

во сне Периодическую таблицу. Также в тексте есть намёки, что не только Д.И. Менделеев занимался проблемой систематизации химических элементов – над этим работал, например, Л. Мейер и другие – 2 балла.



*«Мистер Найтдример» в молодости<sup>1</sup>. Не правда ли, интересный джентльмен? Жаль, что он запомнился миру по другим портретам*

### Задача № 2

Энергия ионизации – это энергия, необходимая для удаления наименее связанного электрона из атома или иона, находящихся в газообразном состоянии. Для многоэлектронного атома существуют также понятия второго, третьего и т. д. ионизационных потенциалов,

представляющих собой энергию удаления электрона от его свободных возбуждённых катионов с зарядами +1, +2 и т. д. Чем выше энергия ионизации, тем труднее удалить электрон. Ниже представлены потенциалы ионизации ( $I_1 - I_6$ , кДж/моль) двух атомов **К** и **М**:

Атом	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$
К	1086,5	2352,6	4620,5	6222,7	37831	47277
М	786,5	1577,1	3231,6	4355,5	16091	19805

1. По представленным выше данным определите, какой группе и подгруппе принадлежат элементы **К** и **М**. Почему?

2. Определите элементы **К** и **М**, если известно, что плотность газообразного водородного соединения, образованного элементом **М**, в два раза больше плотности газообразного водородного соединения, образованного элементом **К**.

3. Простые вещества, образованные элементами **К** и **М**, реагируют между собой с образованием бинарного вещества, обладающего очень высокой твёрдостью и достаточно высокой химической инертностью. Напишите уравнение реакции его получения (реакция 1). Какое тривиальное название у этого вещества?

4. Особую важную роль в производстве полупроводников играет сверхчистое вещество, образованное элементом **М**. Для этого исходное простое вещество вводят в реакцию с избытком хлора (реакция 2) с образованием вещества **Н**, а затем восстанавливают высокочистым металлом **З** (реакция 3). Известно, что для восстановления 1,0000 г **Н** требуется 0,7647 г металла **З**. Определите вещества **Н**, **З**. Напишите необходимые уравнения реакций.

#### Решение:

1. Принадлежат IVА группе (2 балла), т. к. при отрыве 5-го электрона происходит резкий скачок потенциала ионизации (2 балла).

2. Т. к. элементы принадлежат IVА подгруппе, то образуют водородные соединения  $MH_4$  и  $KN_4$ .

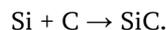
Тогда

$$\frac{M(M) + 4}{M(K) + 4} = 2 \Rightarrow M(M) = 2M(K) + 4$$

(2 балла).

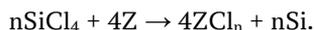
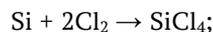
Такому отношению отвечают только кремний и углерод, следовательно, **К** – **С** (2 балла), **М** – **Si** (2 балла).

3. SiC – карборунд (2 балла). Уравнение реакции (2 балла):



Образцы карборунда (фото Н.И. Морозовой)

4. Запишем уравнение реакции 2 (2 балла) и уравнение реакции 3 в общем виде:



$$\frac{1}{170n} = \frac{0,7647}{4M(Z)} \Rightarrow M(Z) = 32,5n$$

При  $n = 2$   $M(Z) = 65$  г/моль, следовательно, **З** – **Zn** (2 балла, без расчётов – 0 баллов).

Уравнение реакции 3 (2 балла):



### Задача № 3

Белые кристаллы чрезвычайно взрывоопасного вещества **Х** аккуратно перенесли в прочную капсулу и резко встряхнули. После этого капсулу вскрыли и обнаружили бесцветную газовую смесь, состоящую из простых веществ **У** и **З** и имеющую относительную плотность по водороду, равную 35,8. При внесении тлеющей лучинки в полученную смесь наблюдали её повторное возгорание.

1. Определите вещества **У** и **З**, если дополнительно известно, что молярная масса вещества **У** больше молярной массы вещества **З**. Рассчитайте состав вещества **Х**. Напишите уравнение реакции разложения вещества **Х**.

Вещество **Х** получают контролируемым гидролизом фторида  $A_1$  ( $\omega(F) = 46,53\%$ ), при этом в качестве промежуточных продуктов можно выделить



оксофториды  $A_2$  ( $\omega(F) = 34,08\%$ ) и  $A_3$  ( $\omega(F) = 18,91\%$ ).

2. Рассчитайте состав веществ  $A_1 - A_3$ . Напишите уравнения реакций гидролиза вещества  $A_1$  до веществ  $X$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ .

**Решение:**

1. Так как при разложении вещества  $X$  образуются только простые вещества, то вещество  $X$  - бинарное.

$M(\text{смеси}) = 35,8 \times 2 = 71,6$  г/моль (1 балл).

Так как смесь поддерживает горение, то газ  $Z$  -  $O_2$  (2 балла). Тогда  $M(Y) > 71,6$  г/моль, такому условию отвечает  $Xe$ , следовательно,  $Y$  -  $Xe$  (2 балла).

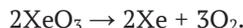
Рассчитаем состав газовой смеси:

$$\begin{cases} 71,6 = 131\varphi(Xe) + 32\varphi(O_2) \\ 1 = \varphi(Xe) + \varphi(O_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi(Xe) = 0,4 \\ \varphi(O_2) = 0,6 \end{cases}$$

Т. е.  $v(Xe) : v(O_2) = 2 : 3$ . Следовательно,  $X$  -  $XeO_3$  (4 балла, без расчёта - 0 баллов).

Уравнение реакции разложения (2 балла):



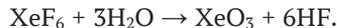
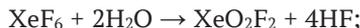
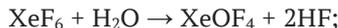
2. Выведем формулу  $A_1$ , который представляет собой фторид ксенона  $XeF_n$ :

$$0,4653 = \frac{19n}{19n + 131} \Rightarrow n = 6$$

Тогда  $A_1$  -  $XeF_6$  (2 балла).

Так  $A_2$  и  $A_3$  - промежуточные продукты гидролиза, то это могут быть только  $XeO_2F_2$  ( $\omega(F) = 18,91\%$ ) и  $XeOF_4$  ( $\omega(F) = 34,08\%$ ), следовательно,  $A_2$  -  $XeOF_4$  (2 балла),  $A_3$  -  $XeO_2F_2$  (2 балла).

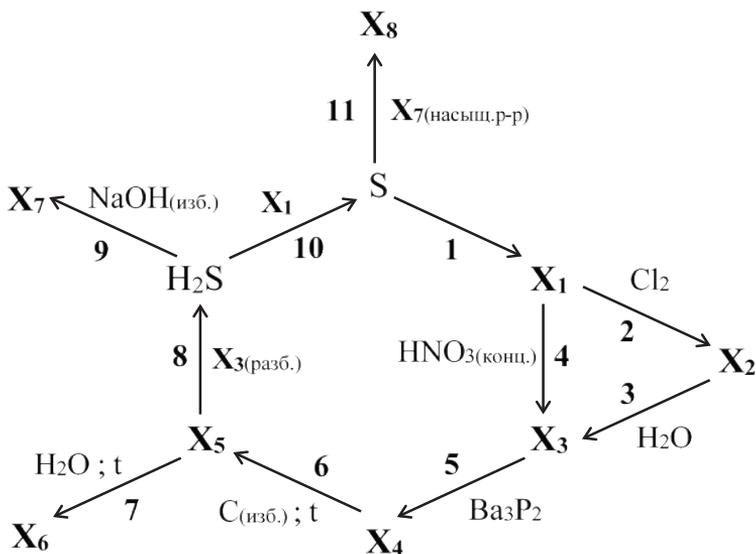
Уравнения реакций гидролиза (по 1 баллу за каждое):



**Задача № 4**

Расшифруйте указанные в цепочке вещества, напишите уравнения соответствующих

реакций (номера реакций указаны жирным шрифтом рядом со стрелочками):



Про  $X_8$  известно, что это бинарное соединение, в котором атомная доля одного из элементов составляет 22,22%. Все вещества, кроме  $X_6$ , содержат серу.

Что произойдёт, если растворить  $X_8$  в соляной кислоте? Напишите уравнение соответствующей реакции (12-я реакция).

**Решение:**

1. Так как сера образуется при взаимодействии сероводорода с веществом  $X_1$ , которое также содержит атомы серы, то логично предположить, что  $X_1$  – диоксид серы, который вступает в сопропорционирование с сероводородом в присутствии воды. Тогда можно понять, какие ещё вещества зашифрованы в цепочке. Вещество  $X_7$  – сульфид натрия, тогда вещество  $X_8$  – один из полисульфидов натрия  $Na_2S_n$  ( $n$  принимает значения

$$\frac{2}{2+n} = 0,2222$$

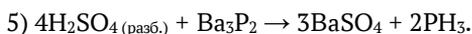
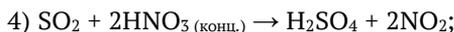
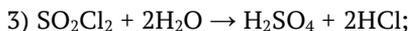
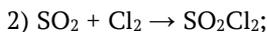
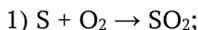
от 2 до 7). Чтобы понять, какой полисульфид имеется в виду, необходимо проанализировать атомные доли атомов в веществе. Очевидно, что указанная атомная доля – это доля натрия. Тогда

При решении этого уравнения находим, что  $n = 7$ . Следовательно,  $X_8$  –  $Na_2S_7$ .

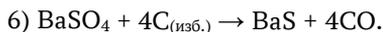
Все вещества, приведенные в задаче:

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$SO_2$	$SO_2Cl_2$	$H_2SO_4$	$BaSO_4$	$BaS$	$Ba(OH)_2$	$Na_2S$	$Na_2S_7$

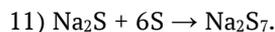
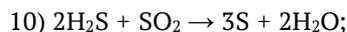
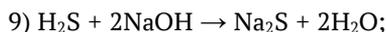
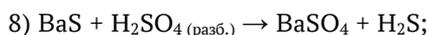
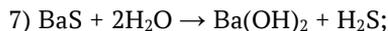
2. Уравнения реакций:



Также принимались реакции, в которых участвует концентрированная серная кислота. Тогда в продуктах нужно было указать вещество, в котором у фосфора положительная степень окисления ( $H_3PO_2$ ,  $H_3PO_3$ ,  $H_3PO_4$ ).



Не принималась реакция, если в продуктах указан  $CO_2$ , т. к. в условии сказано, что уголь берётся в избытке.



При взаимодействии  $Na_2S_7$  и соляной кислоты протекает реакция:



*Система оценивания:*

За каждое правильно угаданное вещество даётся 1 балл. Если вывод  $X_8$  не подтвержден расчётом, то даже за правильно написанную формулу вещества следует поставить 0 баллов. За все вещества максимум можно получить 8 баллов.

За каждое правильно уравнение реакции даётся 1 балл. За все реакции максимум можно получить 12 баллов.

### Задача № 5

Неустойчивое вещество **A** красно-оранжевого цвета образуется при пропускании газа **B** через жидкое вещество **C**. При разложении 4,62 г **A** образуется 2,8 г удобрения **D** и 1,26 г воды, а также выделяется газ **E**, других продуктов не образуется (реакция 1). Вещество **D** (массовые доли входящих в состав элементов относятся как 1 : 7 : 12) при дальнейшем нагревании разлагается на газ **G** и воду (реакция 2). Ещё про вещество **D** известно, что оно способно реагировать с раствором вещества **J** (реакция 3), при этом выделяется **C** в газообразном состоянии. Вещество **J**

образуется вместе с **E** при гидролизе (реакция 4) бинарного соединения **H** (массовая доля одного из элементов равна 55,17 %), в состав веществ **A** и **H** входит одинаковый анион. Бинарное соединение **H** и газ **E** образуются при взаимодействии **B** и твёрдого **I** (реакция 5), которое применяется для регенерации воздуха (реакция 6). Газы **B**, **E**, **G** бесцветны и поддерживают горение, наименьшей молекулярной массой среди них обладает **E**.

1. Определите все упомянутые в задаче вещества. Приведите необходимые расчёты.



2. Напишите уравнения реакций, упоминаемых в задаче.

3. Каков цвет вещества **H**? Обоснуйте свой ответ.

**Решение:**

Бесцветные газы, поддерживающие горение –  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $N_2O$ . Наименьшее значение молекулярной массы среди них у кислорода, следовательно, вещество **E** – кислород  $O_2$ .

Удобрением **D**, при разложении которого образуется газ, поддерживающий горение, является нитрат аммония  $NH_4NO_3$ , что можно проверить расчетом массовых долей ( $\omega(H) = 5,00\%$ ;  $\omega(N) = 35,00\%$ ;  $\omega(O) = 60,00\%$ ; если поделить эти доли на пять, то получится указанное в задаче соотношение). Следовательно, газ **G** –  $N_2O$ . Оставшийся газ **B** – озон  $O_3$ .

В ходе реакции 1 образуется кислород (**E**). Можно найти его массу:

$$m(O_2) = m(A) - m(NH_4NO_3) - m(H_2O) = 4,62 - 2,8 - 1,26 = 0,56 \text{ г.}$$

Теперь можно найти количества веществ продуктов разложения вещества **A**:

$$n(NH_4NO_3) = 2,8 \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,035 \text{ моль};$$

$$n(H_2O) = 1,26 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль};$$

$$n(O_2) = 0,56 \text{ г} : 32 \text{ г/моль} = 0,0175 \text{ моль}.$$

Можно найти количества веществ атомов водорода, кислорода и азота, входящих в состав вещества **A**:

$$n(H) = 4 \cdot 0,035 \text{ моль} + 2 \cdot 0,07 \text{ моль} = 0,28 \text{ моль};$$

$$n(O) = 3 \cdot 0,035 \text{ моль} + 1 \cdot 0,07 \text{ моль} + 2 \cdot 0,0175 \text{ моль} = 0,21 \text{ моль};$$

$$n(N) = 2 \cdot 0,035 \text{ моль} = 0,07 \text{ моль}.$$

Количества веществ атомов водорода, кислорода и азота относятся как  $0,28 : 0,21 : 0,07 = 4 : 3 : 1$ . Следовательно, простейшая формула вещества **A** –  $NH_4O_3$ . С учётом того, что строение вещества ионное, и вещество неустойчиво, можно сделать вывод, что **A** – озонид аммония.

В состав вещества **H** входит озонид-анион. Рассмотрим два варианта, когда указанная массовая доля (55,17 %) является массовой долей кислорода или другого элемента. Скорее всего, это озонид какого-то металла, обозначим его  $Me(O_3)_x$ , где  $x$  – валентность металла. Сначала проверим вариант, когда массовая доля кислорода равна 55,17 %.

x	$\omega(O)$	$M(Me(O_3)_x)$	$M(Me)$	Me
1	55,17 %	$48 : 0,5517 = 87$	$87 - 48 = 39$	K
2		$96 : 0,5517 = 174$	$174 - 96 = 78$	–
3		$144 : 0,5517 = 261$	$261 - 144 = 117$	–

Теперь рассмотрим случай, когда массовая доля металла равна 55,17 %.

Массовая доля кислорода тогда составляет  $100\% - 55,17\% = 44,83\%$ .

x	$\omega(O)$	$M(Me(O_3)_x)$	$M(Me)$	Me
1	44,83 %	$48 : 0,4483 = 107$	$107 - 48 = 59$	–
2		$96 : 0,4483 = 214$	$214 - 96 = 118$	–
3		$144 : 0,4483 = 321$	$321 - 144 = 177$	–

Таким образом, вещество **H** – озонид калия  $KO_3$ .

При гидролизе озонида калия образуются кислород (**E**) и гидроксид калия (**J**). Гидроксид калия вытесняет из раствора аммиак (**C**) при взаимодействии с нитратом аммония (**D**). Так как **I**

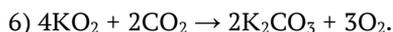
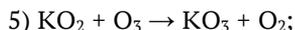
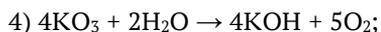
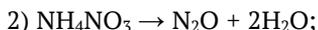
применяется для регенерации воздуха, и из него можно получить озонид калия, то можно сделать вывод, что **I** – надпероксид калия  $KO_2$ .

Итого, все вещества:

A	B	C	D	E	G	J	H	I
$NH_4O_3$	$O_3$	$NH_3$	$NH_4NO_3$	$O_2$	$N_2O$	KOH	$KO_3$	$KO_2$

Каждое вещество – по 1 баллу (всего 9 баллов). Расчёты, требуемые для определения формул веществ А и Н – по 1 баллу (всего 2 балла).

2. Упомянутые в тексте задачи реакции:



Реакции №№ 2–5 – по 1 баллу, реакции № 1 и № 6 – по 2 балла (всего 8 баллов).

3. Озонид калия  $\text{KO}_3$  (Н), так же как и озонид аммония, будет иметь красно-оранжевую окраску за счет наличия

озонид-аниона, катионы калия не влияют на окраску твердых солей и их растворов.



Вот так выглядит типичный озонид<sup>2</sup>

Правильно названная окраска вещества Н при условии наличия объяснения – 1 балл.

**Примечание.** Задача может быть решена другими рациональными способами.

### Задача № 6

Ниже представлена периодическая система Д. И. Менделеева 1871 года. Как видно, далеко не все элементы были открыты на тот момент. Однако Дмитрию Ивановичу удалось предсказать не только их положение, но и свойства. Чтобы дать предсказанным

элементам «временные» названия, Менделеев использовал приставки «эка», «двиг» и «три», в зависимости от того, на сколько позиций вниз от уже открытого элемента с похожими свойствами находился предсказанный элемент.

Рядов	Gruppo I. — R'O	Gruppo II. — RO	Gruppo III. — R'O <sup>3</sup>	Gruppo IV. RH' RO <sup>3</sup>	Gruppo V. RH <sup>3</sup> R'O <sup>3</sup>	Gruppo VI. RH <sup>3</sup> RO <sup>3</sup>	Gruppo VII. RH R'O <sup>3</sup>	Gruppo VIII. — RO <sup>4</sup>
1	II=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	So=73	Br=80	
6	Rb=86	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=103.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

<sup>2</sup> На фото – озонид рубидия, <https://russkijmetall.ru/wp-content/uploads/2020/01/rbo4.jpg>



1. Напишите современные обозначения следующих элементов: экаалюминия, экабора, экасилиция, экамарганца.

2. Напишите уравнения реакций горения простых веществ, образованных этими элементами, в избытке кислорода.

3. Принимая во внимание, что экаалюминий и экабор проявляют химические свойства, сходные со свойствами алюминия, напишите уравнения реакций растворения простых веществ, образованными этими элементами в а) разбавленном растворе соляной кислоты; б) концентрированном растворе щёлочи.

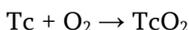
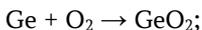
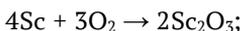
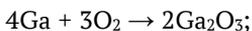
4. В отличие от кремния, экакремний растворяется в растворе щёлочи только в присутствии окислителя, например перекиси водорода. Напишите соответствующее уравнение реакции. Как называется образующаяся соль?

5. При растворении экамарганца в 30 %-ной азотной кислоте образуется кислота **X**, содержащая 60,36 % экамарганца по массе. Запишите соответствующее уравнение реакции. Как называется эта кислота?

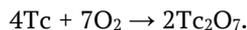
**Решение:**

1. Ga – экаалюминий; Sc – экабор; Ge – экасилиций; Tc – экамарганец (по 1 баллу за элемент).

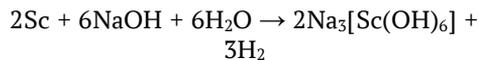
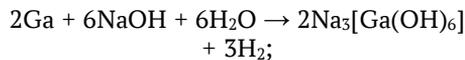
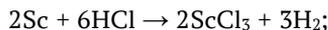
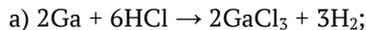
2. Уравнения реакций горения в избытке кислорода (по 1 баллу за реакцию):



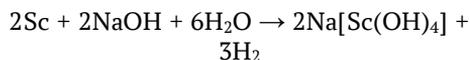
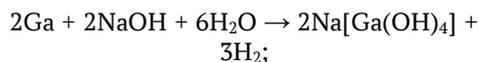
или



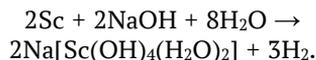
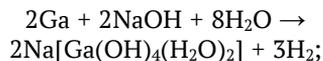
3. Уравнения реакций (по 1 баллу за реакцию):



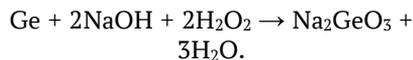
или



или



4.  $\text{Na}_2\text{GeO}_3$  – германат натрия.



Уравнение – 2 балла, название – 2 балла.

5.  $\text{HTcO}_4$  – технециевая кислота.



Уравнение – 2 балла, название – 2 балла.

## Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

– Представляешь, познакомилась с хирургом, и он предложил мне руку и сердце.

– Да ты что! И что дальше?

– Что дальше, что дальше... Принес!

**ЖЖ.** Комментарии к посту на тему «А как вы лечитесь?»

– Мама врач – лечусь уколами.

– Папа хирург – лечусь операциями.

– Бабушка патологоанатом – не лечусь.

# Исследовательская деятельность



**Качмазов Владислав Германович**

ученик 11 «А» класса МБОУ СОШ №22 г. Владикавказа, лауреат Всероссийского фестиваля творческих открытий и инициатив «Леонардо». Руководитель: Бозрова Фатима Харитоновна, учитель химии МБОУ СОШ №22

## Проверка качества бензина на заправках Владикавказа

На сегодняшний день жизнь человека не представляется без бензина, ведь он является топливом для автомобилей, грузовой и авиационной техники. Технологии растут, а двигатели внутреннего сгорания совершенствуются, и каждое новое поколение двигателей все более капризно относится к некачественному топливу, поэтому качество бензина должно соответствовать заявленному производителем. Но, к сожалению, проблема в этом и заключается. Очень часто на заправках допускается, что автолюбители заправляют машины некачественным топливом, при этом заплатив ту же цену, которую требует качественное...

### О бензине

В 1825 году бензин был получен английским ученым Майклом Фарадеем. Изобретатель смог выделить углеводородную смесь, способную быстро возгораться. В конце XIX века, когда немецкий конструктор Готтлиб Даймлер усовершенствовал двигатели внутреннего сгорания, бензин стали использовать как топливо. Автомобили быстро становились популярными, но централизованная продажа горючего отсутствовала. Первая автозаправочная станция была основана в 1907 году в США. В 20-е г. XX столетия начало расти

число заправок, а в 30-х гг. появились колонки с электродозаторами<sup>1</sup>.

В 1891 году русский ученый Владимир Григорьевич Шухов смог расщепить тяжелые углеводороды, входящие в состав нефти, на более летучие вещества, например:



При помощи такого процесса, названного **крекингом**, Шухов добился увеличения объема получающегося бензина.

<sup>1</sup> <https://neftok.ru>

Крекинг разделяется на несколько видов:

1) **Термический крекинг** происходит при температурах 450–550 °С и давлении 4–6 Мпа. Термическому крекингу обычно подвергают высококипящие нефтяные фракции, например, мазут. Процесс протекает медленно, при этом образуются углеводороды с неразветвленной цепью атомов углерода.

Бензин, получаемый термическим крекингом, невысокого качества, нестойк при хранении, он легко окисляется, что обусловлено наличием в нём непредельных углеводородов. Однако детонационная стойкость (взрывоустойчивость, характеризующаяся октановым числом) такого бензина выше, чем у бензина прямой перегонки, из-за большего содержания непредельных углеводородов.

2) **Каталитический крекинг** проходит при 450–500 °С, 0,4 МПа, в присутствии катализаторов, в основе которых лежат природные алюмосиликаты.

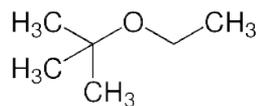
Осуществление крекинга с применением катализаторов приводит к образованию углеводородов, имеющих разветвленную или замкнутую цепь атомов углерода в молекуле. Наряду с реакциями расщепления происходят реакции изомеризации алканов нормального строения. Кроме того, образуется небольшой процент ароматических углеводородов, улучшающих качество бензина. Содержание углеводородов такого строения в моторном топливе значительно повышает его качество, в первую очередь детонационную стойкость.

Каталитический крекинг позволил получать в крупных масштабах авиационный бензин. Обычно каталитическому крекингу подвергают дизельную фракцию.

Современные двигатели, используемые в автомобилях, требуют бензина с минимальным октановым числом 95, и производство топлива с таким числом только с помощью ректификации и крекинга экономически невыгодно. Поэтому для повышения октанового числа

используют **антидетонаторы** (антидетонационные присадки)<sup>2</sup>, которые увеличивают октановое число бензина на несколько единиц. Существует большое количество антидетонаторов, но не все используются в нефтепромышленности из-за происшествий, связанных с негативным воздействием, которые оказывают некоторые присадки, а также продукты реакций, проходящих с этими веществами.

Примером антидетонатора, который используется на данный момент в промышленности, является метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ широко применяется в производстве высокооктановых бензинов. Он выступает как нетоксичный, но менее теплотворный высокооктановый компонент, и как оксигенат (носитель кислорода), способствующий более полному сгоранию топлива и предотвращению коррозии металлов. Мировое потребление МТБЭ находится на уровне 20–22 млн т в год. Максимально допустимая законодательством объемная доля МТБЭ в бензинах в России – 15 %. Популярность МТБЭ объясняется тем, что при его использовании октановое число повышается на 4–6 единиц, при этом не происходит осмоления деталей двигателя, отложения солей и нагара на стенках двигателя. И конечно, его нетоксичностью (в отличие, например, от тетраэтилсвинца).



МТБЭ

Сам по себе бензин – это прозрачная бесцветная жидкость, обладающая резким характерным запахом. Но каждый вид бензина имеет свое обозначение, иными словами, маркировку. Как расшифровывается маркировка, присвоенная самым распространенным маркам топлива? Запомнить простые правила довольно легко!

<sup>2</sup> <https://oduvanchik-him.ru/info/blog/top-7-samykh-populyarnykh-oktanopovyshayushchikh-prisadok-ispol-zuemyxh-pri-proizvodstve-benzina>

1) Буква «А» в маркировке АИ обозначает, что продукт автомобильный.

2) Буква «И» значит, что октановое число получено исследовательским методом, по ГОСТу 8226-82.

3) Следующие после «АИ» цифры обозначают октановое число.

Развитие автомобилестроения настолько продвинулось, что на данный момент очень снизилась потребность к таким низкооктановым маркам бензина, как А-72 и А-76. Бензин А-72 практически не вырабатывается ввиду отсутствия техники, эксплуатируемой на нем. Наиболее распространенные марки<sup>3</sup> – АИ-92; АИ-95; АИ-98.

При средних температурах бензин может легко испаряться. В связи с тем, что пары бензина обладают большей плотностью по сравнению с плотностью воздуха, они оседают в нижних слоях воздуха в помещении. В основном отравление бензином возникает при попадании в организм через дыхательные пути. Также бензин может проникнуть в организм через кожу, слизистые и через пищевой тракт.

### Исследование химического состава бензина

Цены на бензин стремительно растут, и автолюбителям, в том числе и моей семье, это сильно бьет по бюджету. Каждый водитель хочет отдавать деньги за качественное топливо, тем самым увеличивая срок службы автомобиля и сохраняя его работоспособность. Кроме того, использование некачественного бензина негативно влияет на экологию Земли. Решение этой проблемы помогло бы уменьшить количество выбросов ядовитых и канцерогенных веществ (угарный газ СО, сажа С, альдегиды и т.д.), которые вредят окружающей среде.

При вдыхании бензина могут наблюдаться симптомы, похожие на алкогольную интоксикацию: психическое возбуждение, эйфория, головокружение, тошнота, учащение сердцебиения, покраснение кожных покровов и слабость. Хроническое отравление бензином может сопровождаться еще и поражением печени, и ослаблением сердечной деятельности. Попадание жидкого бензина в легкие может привести к развитию «бензиновой пневмонии»: появляются боли в боку, одышка, кашель с ржавой мокротой и повышенная температура. При попадании бензина внутрь пищевого тракта может появиться регулярная рвота, головная боль, боли в животе, жидкий стул.

Бензиновая токсикомания – целенаправленное вдыхание паров бензина для получения временного опьянения. При бензиновой токсикомании быстро развивается зависимость, которая ведет к поражению центральной нервной системы, необратимому падению интеллекта, влекущему за собой инвалидность.

Поэтому я решил исследовать бензин АИ-92 с разных заправочных станций города Владикавказ: АЗС «Muller», АЗС «Энергос», АЗС «Энергия» и АЗС «Сармат».

#### 1. Определение наличия механических и химических примесей в бензине.

Для определения механических примесей мы рассмотрели на свету налитый в стеклянные банки бензин, в котором без использования оптических приспособлений не должно быть видно твердых частиц в осадке.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

По легенде Таблица Менделеева сначала приснилась Пушкину, но он ничего не понял.

Всегда носите с собой периодическую таблицу. Хотя бы на случай, если на вечеринке вдруг появится симпатичный представитель противоположного пола и спросит, не знает ли кто атомный вес диспрозия.

<sup>3</sup> <http://science-start.ru/ru/article/view?id=398>

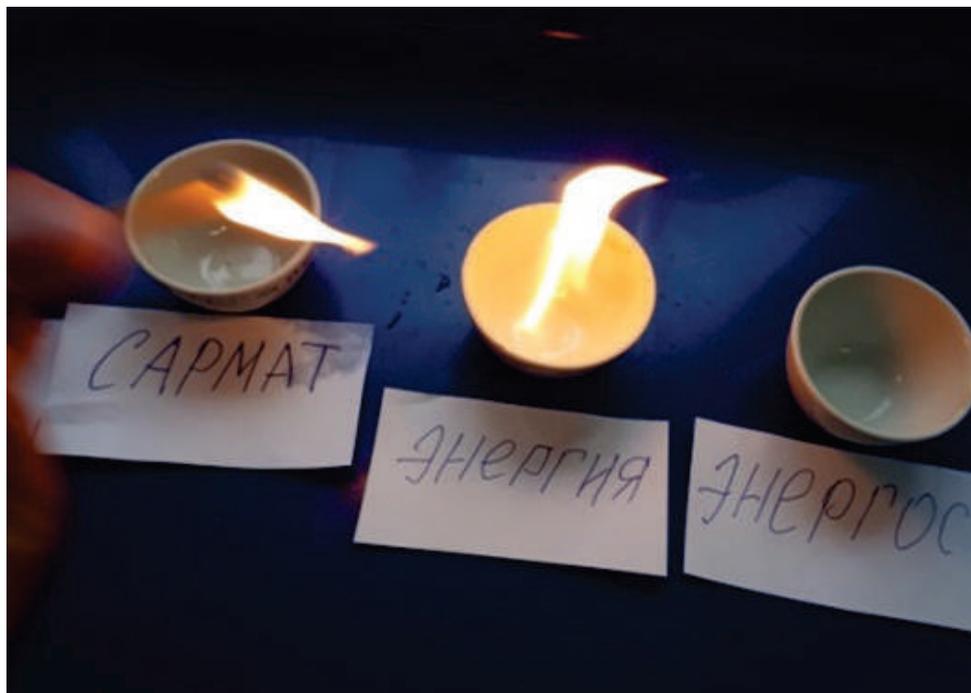


*Определение механических примесей*

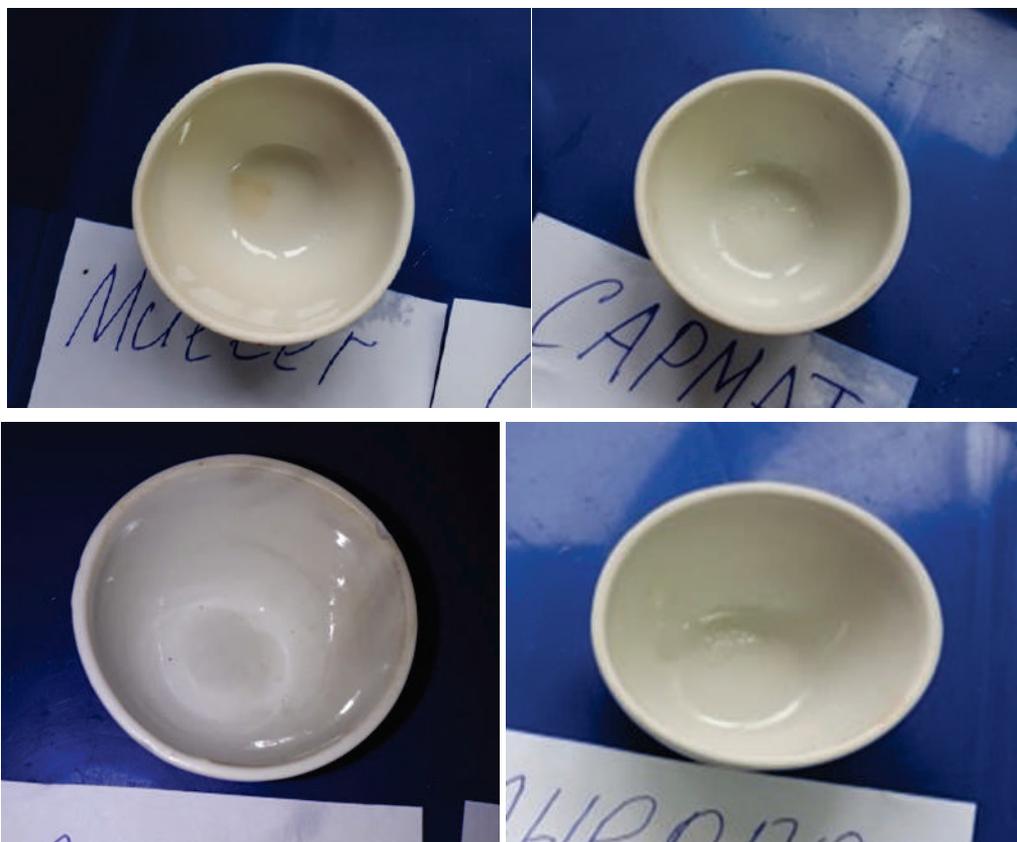
Для определения химических примесей пипеткой поместили каплю бензина на лист бумаги, затем слегка обдули то место, на которое нанесли бензин. Если после испарения бензина лист бумаги остается белым, то бензин не имеет каких-либо химических примесей, но, если на бумаге остается пятно «кислотного» цвета, значит, в бензине присутствуют растворенные химические добавки.

## **2. Определение смол в бензине.**

Пипеткой наливаем каплю бензина в чашечку, после чего поджигаем жидкость с помощью спичек. Хороший бензин после сгорания не оставляет следов, а наличие желтых и коричневых разводов говорит о плохом качестве бензина и о присутствии в нем избыточного количества смол.



*Сгорание образцов бензина*



*Результаты определения смол в бензине «Muller», «Сармат», «Энергия» и «Энергос»*

**3. Определение подкрашивания.**

Бензин хорошего качества должен иметь бледно-желтоватый оттенок.



*Определение подкрашивания*

#### 4. Использование бензина как обезжиривателя.

Наносим на кожу небольшое количество растительного масла. Зона нанесения становится скользкой и

блестящей. Затем промываем это место небольшим количеством бензина. Если масло удаляется, и его признаков на коже нет, следовательно, бензин хорошего качества.

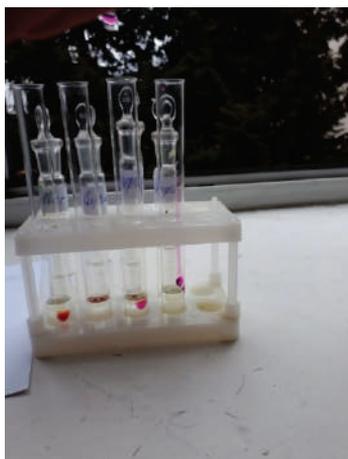


*Нанесение масла и результат обезжиривания*

#### 5. Определение непредельных углеводородов (алкенов) в бензине.

Добавляем каплю раствора перманганата натрия в пробирку с бензином. Если в пробирке с бензином присутствуют непре-

дельные углеводороды, то под действием перманганата натрия в водной среде будет проходить реакция окисления алкенов, которая приведет к образованию осадка бурого цвета – оксида марганца (IV)  $MnO_2$ .

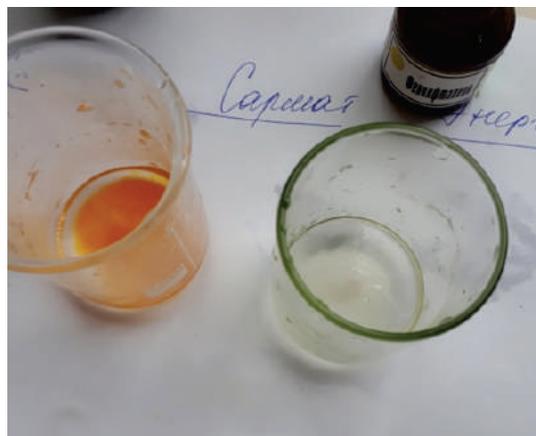


*Добавление  $KMnO_4$  (слева) и образование осадка с бензином «Сармат» (справа)*

#### 6. Определение наличия водорастворимых кислот или щелочей.

Смешиваем в делительной воронке небольшое количество дистиллированной воды с таким же количеством бензина, закрыв содержимое пробкой, встряхиваем. Отстаиваем, после чего сливаем водную вытяжку в два

стаканчика, а затем в один из них добавляем две капли раствора метилоранжа, а в другую – три капли раствора фенолфталеина. Если индикаторы (метилоранж и фенолфталеин) не меняют окраску на красную и малиновую, соответственно, значит в составе бензина нет кислот и щелочей.

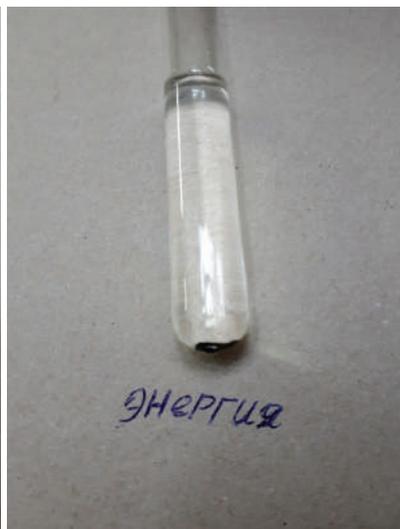
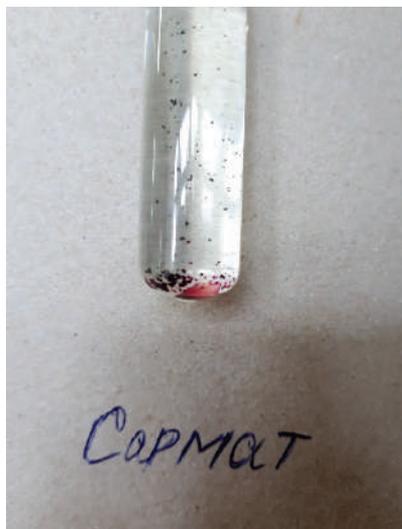


*Оранжевая окраска метилоранжа и бесцветный фенолфталеин показывают отсутствие кислот и щелочей*

### 7. Определение наличия воды в бензине.

Вода растворяет перманганат калия с интенсивным окрашиванием раствора, а в чистом бензине это вещество нерастворимо. Для проверки

наличия воды добавляем кристаллы  $\text{KMnO}_4$  в пробирку с бензином. Если кристаллы начали растворяться, а бензин в пробирке окрашивается в фиолетовый цвет, значит, в нем присутствует вода.



*Определение наличия воды: слева вода присутствует, справа – отсутствует*

### 8. Определение плотности бензина.

Плотность бензина устанавливается государственным стандартом<sup>3</sup>. Если плотность не ему соответствует, значит, бензин не соответствует заявленному

качеству. Для вычисления плотности бензина мы измерили массу 250 мл бензина, после чего разделили получившееся значение на этот объем ( $\rho = m/V$ ) (табл. 1).

[https://fuelwiki.ru/benzin/plotnost-benzina#\\_-92](https://fuelwiki.ru/benzin/plotnost-benzina#_-92)



Стандартная плотность по ГОСТу 725–780 кг/м<sup>3</sup> при 15°C. Бензин не может обладать постоянной плотностью, так как она зависит от температуры. При более низких температурах бензин обладает более высокой плотностью, а

значит, при повышении температуры плотность будет уменьшаться. Для обработки результатов эксперимента я учел температуру, при которой проводились измерения: примерно 19–21 °С, – и ввел поправку.

Таблица 1. Определение плотности бензина

Единицы/марка бензина	Muller	Сармат	Энергия	Энергос
Масса (m)	180 г	180 г	182 г	180 г
Объем (V)	250 см <sup>3</sup>	250 см <sup>3</sup>	250 см <sup>3</sup>	250 см <sup>3</sup>
Плотность при температуре эксперимента (ρ)	0,72 г/см <sup>3</sup>	0,72 г/см <sup>3</sup>	0,728 г/см <sup>3</sup>	0,72 г/см <sup>3</sup>
Плотность, пересчитанная на 15 °С (ρ <sub>0</sub> )	0,723 г/см <sup>3</sup>	0,723 г/см <sup>3</sup>	0,732 г/см <sup>3</sup>	0,723 г/см <sup>3</sup>

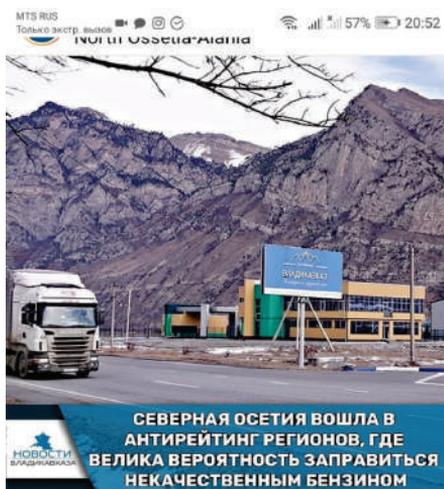
Бензин, плотность которого слегка меньше стандарта или приближена к минимальному его значению, скорее всего, подвергался обработке веществами, которые способствуют выведению непредельных углеводородов из топлива (это хороший показатель). Бензин, плотность которого превышает стандарт, не подвергался обработке этими веществами, а, возможно, и был разбавлен водой для увеличения объема (это плохой результат).

### 9. Определение серы в бензине.

13 января 2021 года новостной канал в инстаграме (news\_vladikavkaz) опубликовал рейтинг регионов, вошедших в список с плохим качеством бензина. В этом списке присутствовала и моя республика – Северная Осетия-Алания.

Ознакомившись с критериями оценивания качества бензина, я увидел пункт «наличие серы». Избыток серы в топливе пагубно влияет на работу двигателя и способствует выбросу вредных газов в атмосферу.

Для проведения эксперимента по определению серы я обратился за помощью к заведующему кафедрой органической химии СОГУ им. К.Л. Хетагурова Абаеву В.Т. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.



Нравится: 339

news\_vladikavkaz Северная Осетия вошла в антирейтинг шести российских регионов, где велика вероятность заправиться некачественным бензином. Журналисты издания «Автоброкер Клуб», собрав данные Росстандарта, количество нарушений в 2020 году перевалило за 20% от

Скриншот новости

Таблица 2. Содержание серы в образцах бензина

Марка бензина	Содержание серы, ppm	Оценка
Muller	0,006	недопустимо
Энергос	0,004	недопустимо
Энергия	0,000	допустимо
Сармат	0,002	допустимо

Объединим результаты всех экспериментов в табл. 3.

Таблица 3. Результаты анализа образцов бензина

Критерии	АЗС «Muller» АИ-92	АЗС «Сармат» АИ-92	АЗС «Энергия» АИ-92	АЗС «Энергос» АИ-92
Механические и химические примеси	нет	присутствие в значительных количествах	нет	нет
Наличие смол	небольшое количество	нет	нет	небольшое количество
Подкрашивание	бледно-желтоватый оттенок	бледно-желтоватый оттенок	бледно-желтоватый оттенок	бледно-желтоватый оттенок
Проявление свойств обезжиривателя	проявляет	проявляет	проявляет	проявляет
Наличие непредельных углеводородов	нет	присутствует в значительных количествах	нет	нет
Наличие водорастворимых кислот и щелочей	нет	нет	нет	нет
Определение наличия воды	нет	присутствует	нет	нет
Определение плотности	соответствует	соответствует	соответствует	соответствует
Содержание серы	недопустимо	допустимо	допустимо	недопустимо

Кроме того, я решил провести социологический опрос, в котором опытные водители поделились со мной поведением мотора автотранспортного средства после заправки той или иной маркой бензина. Для объективности я обращался к владельцам современных автомобилей, так как моторы нового поколения более чувствительны к некачественному бензину. В опросе принимало участие 8 человек (как мужчины, так и женщины). Опрос выявил наибольшие претензии к качеству бензина АЗС «Сармат», отмечен шум мотора и плохая тяга.

Таким образом, экспериментальным путем был выявлен наименее качествен-

ный бензин. Этот результат коррелирует с оценками потребителей.

Конкуренция на рынке нефтепродуктов большая колоссальная, и, конечно же, владельцам АЗС необходимо как-то привлекать покупателей: либо высоким качеством, либо низкой ценой. Но, к сожалению, чтобы продавать продукт по низкой цене и при этом иметь прибыль, нужно на чем-то экономить, и, как правило, это бывает качество. АЗС, принадлежащие крупным франшизам, обычно предоставляют бензин более высокого качества, нежели частные, поэтому я советую заправлять транспортные средства на таких станциях.



# Профильное образование



**Петухов Василий Сергеевич**  
Доцент филиала ЮУрГУ в г. Миассе

**Василевская Наталья Ивановна**

Выпускница 11 класса МАОУ «СОШ № 13» им. Д.И. Кашигина



## Использование видеозадач при дистанционном обучении химии

Важность информации, получаемой нами через зрение, трудно преувеличить. Но оказывается, видеоряд не только помогает решать химические задачи, но и вызывает желание это делать!

Видеозадачи и разборы решений можно посмотреть в группе В.С. Петухова <https://vk.com/ximiaege>.

Школьный химический эксперимент, в том числе разные его представления: натурный, компьютерный или мыслительный – неплохо разработан в методике, но слабо реализуется в практике. Современное развитие средств коммуникации, помимо демонстрационного эксперимента, вводит в арсенал современного учителя химии множество других средств наглядного представления изучаемого материала, кото-

рые при правильном использовании повышают эффективность и качество урока, развивают у учащихся так называемое химическое мышление<sup>1</sup>. Немаловажную роль в развитии химического мышления играет решение задач, но, как показывает практика, даже тех учеников, кто умеет решать стандартные, алгоритмические задачи, может ввести в ступор «малейшее отклонение от прототипной дорожки»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Волкова С.А. Демонстрационный эксперимент как фактор развития познавательной активности учащихся на уроках химии. // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сб. науч. статей. – Витебск: Витеб. гос. ун-т, 2018, с. 36.

<sup>2</sup> Ерёмин В.В. Элементы научного поиска при решении нестандартных задач по химии. // Современные тенденции развития химического образования: работа с одарёнными школьниками. / Ред. В.В. Лунин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007, с. 114-121.

Задачи становятся нагляднее, если при их решении использовать схемы, иллюстративные рисунки, вспомогательные таблицы или наглядно демонстрировать реакции, упоминаемые в них. Положительные результаты исследований влияния виртуальной реальности, вероятная эволюция ЕГЭ в сторону появления практических заданий в виртуальной или реальной форме указывают на хорошие перспективы развития разработки разного рода виртуальных тренажеров.

На базе лаборатории химии филиала ЮУрГУ в г. Миассе с января 2018 создана группа из числа преподавателей химии кафедры с привлечением учеников старших классов общеобразовательных школ, целью которой является создание видеозадач по химии<sup>5</sup>. Мотивом для создания группы послужила необходимость научить школьников решать задачи по химии повышенного уровня сложности, показав все процессы, описанные в задаче, наглядно. К 2021 году мы сняли достаточное количество материала для создания нового видеопо-

собия, где ученики сами могут решать задачи, а параллельно с этим видеть необходимые для решения реакции.

Для изучения эффективности применения видеозадач в обучении школьников химии ученикам двух девятых классов было предложено решить три задачи:

**Задача 1.** Хлорид аммония и оксид меди (II) смешали. Масса полученной смеси равна 3,75 г (рис. 1). Массовая доля хлорида аммония в данной смеси равна 32%. Найдите массу оксида меди (II).

**Задача 2.** Карбонат натрия массой 7,95 г обработали избытком раствора серной кислоты, в результате чего выделился газ, который не поддерживает горение (рис. 2). Вычислите возможный объем выделившегося газа.

**Задача 3.** В смесь углерода и карбоната кальция массой 0,25 г добавили уксусную кислоту, в результате чего выделился газ, который пропустили через раствор гидроксида кальция. Масса выпавшего осадка равна 0,2 г (рис. 3). Рассчитайте массовую долю углерода в исходной смеси.



Рис. 1. Процесс получения смеси хлорида аммония и оксида меди



Рис. 2. Затухание подожжённой спички в стакане с выделившимся газом

<sup>5</sup> Петухов В.С. Разработка виртуальных тренажеров для изучения естественных наук. // Материалы 70-й научной конференции, Южно-Уральский государственный университет. – Издательский центр ЮУрГУ, 2018, с. 802-806.



Рис. 3. Процесс образования осадка гидроксида кальция

Максимальный балл, который можно было набрать, правильно решив первую задачу – 4; вторую – 6; третью – 7. Для удобства сравнения разных задач мы рассчитали долю правильного их

Таблица 1. Средняя успеваемость школьников по гуманитарным и естественным наукам

Гуманитарные предметы		Естественнонаучные предметы	
9-а (без видео)	9-б (видеозадачи)	9-а (без видео)	9-б (видеозадачи)
3,62	3,49	3,56	3,43

Таблица 2. Средняя доля правильного выполнения задач учениками

Номер задачи	9-а класс (без видео)	9-б класс (видеозадачи)	
	доля правильного выполнения, %	доля правильного выполнения, %	изменение по отношению к 9-а
1	25	62	2,48
2	16	42	2,63
3	0,64	11	17,19

Из таблицы 2 следует, что доля правильного выполнения задач учениками класса, которым перед решением были показаны видеоснимки, значительно выше, чем теми, которые решали задачи без видео. Так, в 9-б классе доля правильного выполнения первой задачи в 2,48, в 2,63 и в 17,19 раза больше, чем доля правильного выполнения задач в 9-а классе.

Представленные задачи отличались по своей сложности. Минимальное

выполнения, где 100% соответствовало максимальному баллу за задачу.

Ученики 9-а класса решали задачи на листах с текстом задач без просмотра видео. Ученики 9-б класса вначале смотрели видеоснимок к первой задаче, который останавливался на ее тексте, после чего давалось время на решение, по истечении которого показывался видеоснимок к следующей задаче также с остановкой на ее тексте. Время выполнения трех заданий составило 30 минут.

Успеваемость по гуманитарным и естественнонаучным предметам у школьников 9-б класса несколько ниже, чем у школьников 9-а класса (табл. 1), т. е., как будет показано ниже, школьники, которым было продемонстрировано видео, успешнее решали задачи даже при более низком уровне общей успеваемости. Средняя доля правильного выполнения задач представлена в табл. 2.

количество операций для решения нужно было проделать в первой задаче, а максимальное в третьей. Каждую задачу можно решить полностью (это 100% выполнения), можно решить наполовину (это 50% выполнения), а можно чуть-чуть не дорешать, и это 75%. В табл. 3 идет речь о тех учениках, которые решили задачу полностью или максимально приблизились к ее верному решению.

Таблица 3. Качество решения задач учениками

Номер задачи	9-а класс (без видео)	9-б класс (видеозадачи)	
	количество учеников, выполнивших задание более чем на 75%, %	количество учеников, выполнивших задание более чем на 75%, %	изменение по отношению к 9-а
1	31	59	1,9
2	4,5	18	4
3	0	0	0

Данные таблицы показывают, что с решением первой задачи ученики 9-а и 9-б класса справились гораздо лучше, чем с решением второй и третьей задачи, при этом ученики, которые визуально наблюдали физико-химические процессы, упоминаемые в предложенной задаче, перед ее решением, показали более высокое качество решения задач. Так, качество решения первой задачи в 9-б классе было в 1,9 раза выше, а второй задачи – в 4 раза выше, чем в 9-а классе. Третью, самую сложную задачу ученики обоих классов решили с долей правильного выполнения меньше 75%.

Итак, просмотр видеоматериалов к задаче облегчает процесс понимания задачи и способствует правильному ее решению. В дальнейшем, решая задачи без видеоматериала, ученики смогут легче представить все физико-химические процессы и, как следствие, правильно решить даже сложную задачу.

В 9-а классе многие ученики по окончании времени, отведенного на решение всех заданий, сдали пустые листки, в то же время в 9-б классе первую задачу на тот или иной балл решили все школьники. Число учеников, приступивших к выполнению задания, представлено в табл. 4.

Таблица 4. Доля учеников, приступивших к выполнению задания

Номер задачи	9-а класс (без видео)	9-б класс (видеозадачи)	
	количество учеников, приступивших к выполнению задания, %	количество учеников, приступивших к выполнению задания, %	изменение по отношению к 9-а
1	36	100	2,8
2	27	81	3,0
3	4,5	41	9,1

Как видно из таблицы 3, вторую задачу приступили решать 81% школьников из 9-б класса, что в 3 раза больше, чем количество учеников, приступивших решать эту задачу в 9-а классе. Среди школьников, которые не смотрели перед началом работы видео, только один приступил к решению третьей задачи, что соответствует 4,5% от общего количества учеников в классе. В классе, где видеофрагмент к третьей задаче был показан, уже 9 учеников или 41% от общего числа учащихся приступили к ее решению. Таким образом, просмотр видео

явился мотивирующим фактором к началу работы над решением задачи.

Мы считаем, что развитие навыка решения задач, будь то стандартные задачи, которые можно решить, имея алгоритм, или нестандартные задачи, где необходим творческий подход, где нужно применить разные методы решения, будет проходить более успешно с помощью видеозадач. Видеозадачи также помогут учителю в случае возникновения нестандартных ситуаций, например, таких, как переход на дистанционное обучение ввиду объявления карантина и т.п.



# Эксперимент



## Морозова Наталья Игоревна

*Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ. Основное занятие – преподавание химии 11-классникам, методическая работа, научная работа в области радиохимии и органического катализа, организация дистанционного обучения и очных мероприятий для школьников.*

## Размер кристаллов. Почище и побольше?

Большой монокристалл – это хорошо или плохо? А если хорошо, то как этого добиться? И как добиться обратного, если плохо? Теоретические рассуждения дополняются практическими рекомендациями.

### Кому это нужно?



Алмаз «Куллинан»

<https://ru4.anyfad.com/items/t1@be1f8038-8569-4e74-9e93-20ed26a9be56/Kullinan--samyy-bolshoy-brilliant-mira.jpg>

Когда мы хотим вырастить кристалл, наше естественное желание состоит в том, чтобы он был покрупнее и, что называется, «чистой воды». Если мы

видим кристаллы, выросшие в природе, то восхищаемся в первую очередь их размером. Мы устраиваем своеобразное соревнование между кристаллами: какой больше? Самый большой алмаз имеет собственное имя – «Куллинан». Он был найден в 1905 г. в Африке, весил 621 г и имел размеры 100×65×50 мм. Рубин «Раджа ратна» весит 459 г. Но пальма первенства принадлежит мексиканскому селениту (длина до 13 м!), о котором мы упоминали в первой статье цикла<sup>1</sup>.

Размер кристаллов действительно бывает очень важен, но правило «чем больше, тем лучше» в данном случае не работает. Разве что кристаллы планируются использовать в декоративных целях, да и то с оговорками. Если речь о декоре станции метро, желательны будут как раз большие кристаллы. Но чтобы носить

<sup>1</sup> Морозова Н.И. Кристаллы и кристаллизация. // Потенциал. Химия. Биология. Медицина. 2021, № 1, с. 60.

кристаллы на себе, предпочтителен размер от миллиметров до пары сантиметров. Если меньше – украшение никто не заметит и не оценит, т. е. оно не выполнит свою функцию, если больше – оно будет тяжелым и неудобным.

Кристаллы для украшений не обязательно должны быть химически чистыми,

ведь примеси часто придают им интересную окраску или загадочную текстуру. Чистый кварц  $\text{SiO}_2$  бесцветен. Но если он содержит примеси, то, в зависимости от их состава, может быть фиолетовым (тогда он называется аметист), желтым (цитрин), черным, розовым... даже разноцветным и полосатым (агат и яшма).



*Черный и розовый кварц*

Иногда только примесь делает минерал драгоценным камнем. Обычный корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , приобретая небольшое

количество ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , становится рубином, а с добавкой ионов титана и железа – сапфиром.



*Слева направо: корунд в породе и корундовый тигель, рубин, сапфир*

Относительно крупные и очень чистые монокристаллы нужны для рентгеноструктурного анализа, с помощью которого изучают строение веществ. Кристалл облучают рентгеновскими лучами, и они отклоняются на атомных плоскостях на определенные углы. Измерив эти углы, можно найти межплоскостные расстояния, а по ним вычислить параметры кристаллической решетки. Для корректного измерения кристалл должен быть ориентирован определенным образом, поэтому используются именно монокристаллы, ведь в поликристаллах кристаллические зерна

расположены хаотично. И размер требуется определенный: от долей миллиметра до миллиметров, – но не более. В работе с крупными кристаллами есть свои сложности, в частности, вероятность появления дефектов в кристаллической решетке возрастет с увеличением ее протяженности.

Если вещество интересует нас как реактив, то предпочтительнее мелкокристаллическая консистенция – так вещество удобнее дозировать, пересыпать, растворять. С крупнокристаллическим веществом будет сложнее – его придется растирать или даже распиливать.

А бывают случаи, когда нам нужно вещество с высокой удельной поверхностью. Например, мы хотим использовать оксид хрома (III) как катализатор. Реакция, которую ускоряет твердый катализатор, протекает на его поверхности,

### Чистота кристаллов

Размер кристалла важен еще и потому, что от него зависит чистота кристалла. Не только от него, конечно: играет роль также чистота раствора (или иной среды, из которой выделяются кристаллы – расплава, газовой фазы и т.д.) и природа примесей.

Очевидно, что из раствора, содержащего много примесей, чистые кристаллы получить сложно. Для их очистки может потребоваться перекристаллизация, а иногда и не одна. Выделенные кристаллы заново растворяют в чистом растворителе и снова осаждают. При этом есть надежда, что примеси в большинстве своем останутся в растворе, поскольку растворимость для них не будет превышена. Но примеси порой бывают коварны и умудряются попадать в кристаллы разными путями.

Наиболее коварны примеси, изоморфные основному веществу. **Изоморфизм** – свойство веществ, аналогичных по химическому составу, кристаллизоваться в одинаковых формах. Изоморфизм проявляется у соединений, имеющих сходный состав, выражаемый однотипными формулами, и одинаковую кристаллическую решетку за счёт того, что их ионы отличаются по размерам не более, чем на 10 – 15 %, и имеют одинаковый заряд. Примерами изоморфных соединений могут служить разные квасцы.

В случае изоморфизма основного вещества и примеси происходит **соосаждение** – т. е. одновременное их осаждение. Это не всегда плохо. Так, именно соосаждение сульфата радия  $\text{RaSO}_4$  с сульфатом бария  $\text{BaSO}_4$  помогло Марии Кюри выделить радий из руды, ведь сама по себе концентрация радия была настолько мала, что шансов превысить раствори-

поэтому поверхность должна быть большой. А это значит, что размер кристалликов  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  должен быть как можно меньше – так площадь поверхности, приходящаяся на определенное количество вещества (удельная), будет максимальной.

мость хоть какого-то содержащего его вещества не имелось.

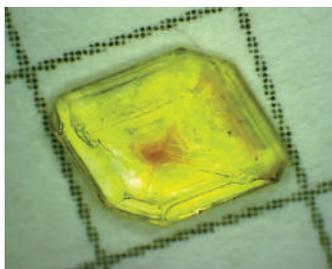
Эксплуатируя изоморфизм, можно делать удивительные вещи: например, растить многослойные кристаллы. Так, хромокалиевые квасцы  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  изоморфны алюмокалиевым  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  (радиус  $\text{Cr}^{3+}$  0,064 нм,  $\text{Al}^{3+}$  0,057 нм – разница всего 12 %). Благодаря этому на готовый фиолетовый кристалл хромокалиевых квасцов можно нарастить бесцветный прозрачный кристалл алюмокалиевых квасцов. Смотрится потрясающе!



Кристалл-«матрешка» из хромокалиевых и алюмокалиевых квасцов  
(<http://900igr.net/datai/geometrija/Pravilnye-vypuklye-mnogogranniki/0041-019-Monokristall.png>)

И все же часто соосаждение банально загрязняет кристаллы.

На мелких кристаллах, имеющих высокую удельную поверхность, происходит адсорбция раствора со всеми примесями, которые в нем есть. **Адсорбция** – это удержание частиц на поверхности твердого тела за счет сил межмолекулярного взаимодействия. Наглядный пример адсорбции – дождевые капли, удерживающиеся на стекле.



*Кристалл  $K_2SO_4$  имеет нехарактерную желтую окраску из-за соосаждения с  $K_2CrO_4$*

Адсорбцию можно уменьшить, уменьшив удельную поверхность кристаллов. Т. е. надо получать более крупные кристаллы. Но здесь возможен другой путь загрязнения – механический захват раствора растущим кристаллом. При быстром росте крупных кристаллов в них образуются полости, куда попадает раствор. Полости зарастают при дальнейшем росте кристалла. Это явление называется **окклюзией**.

Выходит, что чистыми кристаллы не получаются ни тогда, когда они большие, ни тогда, когда очень маленькие. Это еще одна причина того, почему химические реактивы предпочитают кристаллизовать в виде небольших, но не микроскопических кристаллов.



*Окклюзия в кристалле кварца*  
(<https://webmineral.ru/upload/1f47c9513de492a4833a2f42a59704dd.jpg>)



*Дихромат калия  $K_2Cr_2O_7$ : размер кристаллов, идеальный для реактива*

### Как зависит размер кристаллов от чистоты раствора?

Чистота кристаллов зависит от их размера, но размер, в свою очередь, зависит от чистоты раствора. Если раствор совсем грязный, то в результате кристаллизации, конечно, получится безобразие: не разобрать, где целевое соединение, а где примеси. А если количество примесей разумное?

Вспомним, что рост кристалла происходит на зародышах – центрах кристаллизации. Если всю массу вещества, которая должна выделиться из раствора, разделить на число зародышей, то становится ясно: чем меньше центров кристаллизации, тем больше вещества придется на каждый из них, и тем крупнее будут кристаллы.

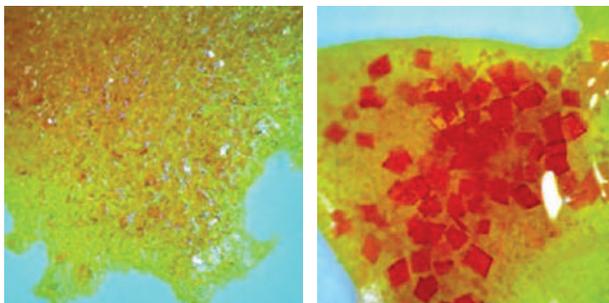
Примеси в растворе, например, пыль, способствуют образованию

зародышей: посторонние твердые примеси в растворе могут играть роль центров кристаллизации. Поэтому чем чище раствор, тем больше шансов, что центров кристаллизации будет немного. Появляется надежда на то, что смогут вырасти крупные кристаллы.

Однако полное отсутствие примесей может привести к сильному пересыщению раствора из-за отсутствия потенциальных центров кристаллизации. А когда пересыщенный раствор потеряет стабильность, кристаллизация пойдет мгновенно и беспорядочно, образуется множество мелких кристалликов. Посмотрите на фотографии. Как ни парадоксально, кристаллы красной кровяной соли  $K_3[Fe(CN)_6]$  получились

лучше из раствора, приготовленного на воде из лужи, чем из раствора на дистиллированной воде! Дело в том, что дистиллированная вода совершенно не содержит примесей, а для появления кристаллов все же нужны какие-то неоднородности. Мы, разумеется, не советуем набирать воду для работы с кристаллами в ближайшей луже –

водопроводная вода будет хорошим компромиссом. А лучше всего заранее вырастить «затравку» из кристаллизуемого вещества. Тогда благодаря *эпитаксии* (повторения структурного типа затравки формирующимся кристаллом) можно вырастить красиво ограниченный крупный монокристалл практически без дефектов.



*Размер кристаллов  $K_3[Fe(CN)_6]$ , выпавших из раствора на дистиллированной воде (слева) и на воде из лужи (справа)*

Мельчайшие неровности на стенках сосуда тоже могут стать центрами кристаллизации. Химики иногда специально

трут стеклянной палочкой по внутренним стенкам стакана, чтобы помочь кристаллизации растворённого вещества.

### Влияние движения жидкости

Благодаря флуктуациям плотности на определенном участке случайно переохлажденного раствора многие молекулы или ионы растворенного вещества могут оказаться одновременно на таких малых расстояниях друг от друга, что в силу взаимного притяжения сразу возникает группа правильно расположенных частиц. Перемешивая раствор, мы создаем дополнительные

флуктуации плотности. Таким образом, перемешивание увеличивает скорость образования зародышей. Большое число зародышей приводит к выпадению множества мелких кристалликов. Если же раствор оставить в тихом углу, флуктуаций плотности в нем будет по минимуму, и есть вероятность, что вырастет один большой кристалл или несколько.

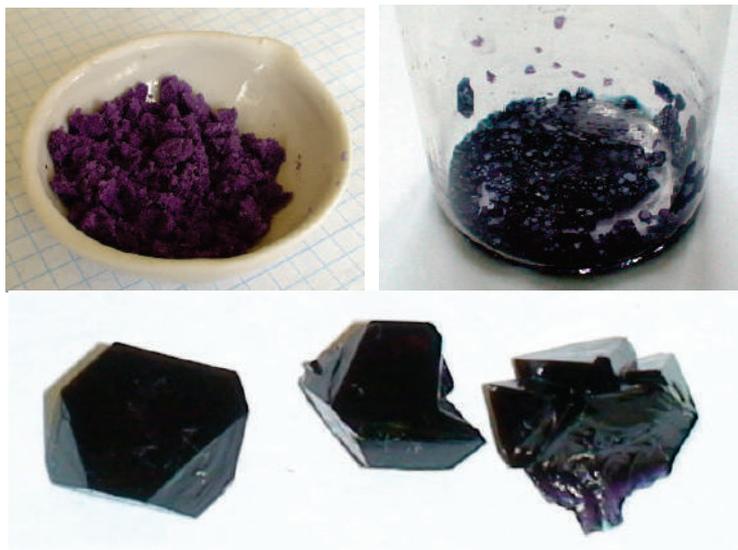


*Слева направо: кристаллы медного купороса, полученные из раствора, который перемешивали; из раствора, оставленного на столе; из раствора, убранного в угол шкафа*

### Влияние температуры

Как зависит размер кристаллов от температуры, при которой протекает кристаллизация? При повышении температуры рост кристаллов ускоряется, поскольку нагревание способствует диффузии вещества к поверхности кристаллов и уменьшается степень гидратации частиц, что облегчает их переход из раствора в твердую фазу. Образование зародышей, напротив, замедляется, ведь для начала кристаллизации необходимо, чтобы группа правильно расположенных частиц – потенциальный зародыш – не

распалась, а тепловые колебания способствуют ее разрушению. Поэтому кристаллизация в области более высоких температур при прочих равных условиях способствует увеличению среднего размера кристаллов. Т. е. если вам нужны кристаллы покрупнее – растите их не в холодильнике, а при комнатной температуре. А еще лучше – в термостате, но это уже специальное оборудование. Впрочем, в первом приближении можно воспользоваться термосом или даже теплым местом у батареи или плиты.



*Слева направо: кристаллы хромокалиевых квасцов, полученные при охлаждении в снегу; при комнатной температуре; в теплом месте (у батареи)*

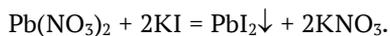


*Кристаллы кобальт-аммониевого шёнита  $(NH_4)_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ , полученные при 24 °C (слева) и 33 °C (справа)*

### Влияние концентраций

Размер кристаллов зависит от концентраций веществ в исходных растворах (а точнее – от степени пересыщения).

Получим иодид свинца (II) по химической реакции:



Когда мы сливаем растворы иодида калия (растворимость 148 г / 100 г воды при 25 °С) и нитрата свинца (II) (61 г / 100 г воды), то возникает огромное пересыщение по иодиду свинца (II), растворимому на 4 – 5 порядков хуже (0,08 г / 100 г воды). Образуется сразу очень много центров кристаллизации, и получается множество крошечных кристалликов, не различимых невооруженным глазом.

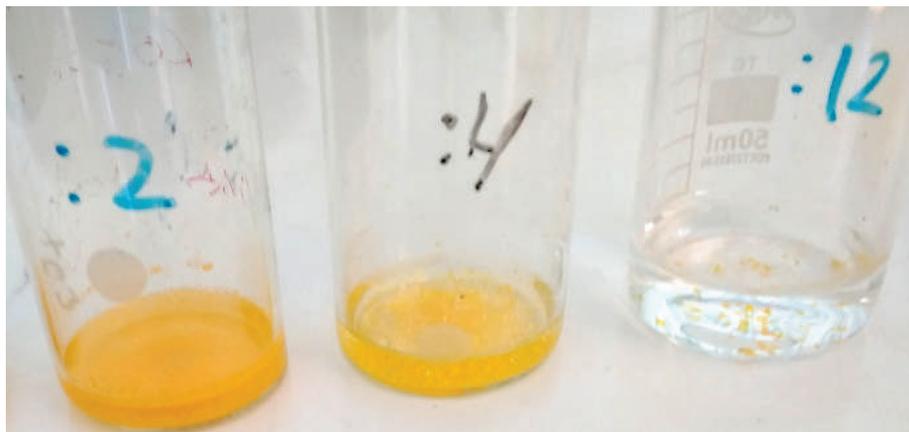
С уменьшением пересыщения образование зародышей замедляется сильнее, чем рост кристалла. Значит, для получения крупнокристаллического продукта процесс необходимо вести при небольших пересыщениях. Правда, тогда резко

уменьшится производительность кристаллизации.



*Осадок PbI<sub>2</sub>*

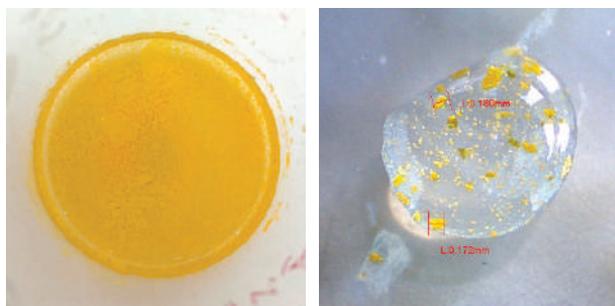
В чем это выражается? Вот какой эксперимент был проделан. Исходные растворы для получения иодида свинца (II) предварительно разбавляли в разное число раз: вдвое, еще вдвое (т. е. суммарно в 4 раза), и еще втрое (т. е. в 12 раз).



*Выделение кристаллов иодида свинца (II) из разбавленных растворов*

Сразу осадок выпал только в первом стакане, на следующий день кристаллы появились во втором стакане, а через пару дней – и в последнем. Выходит, при разбавлении ждать выпадения кристаллов приходится долго, и выпадает их немного (вот оно, отрицательное влияние на производительность).

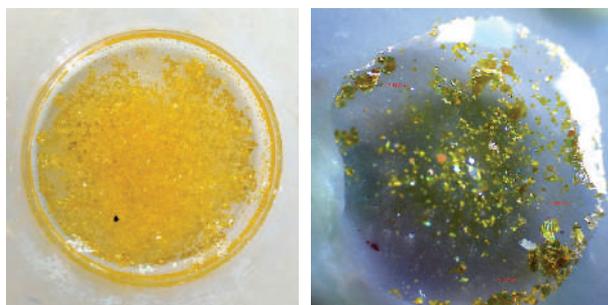
Зато при разбавлении увеличивается средний размер кристаллов. В первом стакане размер сильно колеблется, у самых крупных частиц он составляет 0,17 – 0,18 мм. Немного, но даже без микроскопа заметно, что это уже не сплошная желтая масса, в ней можно различить отдельные, пусть и маленькие, кристаллики.



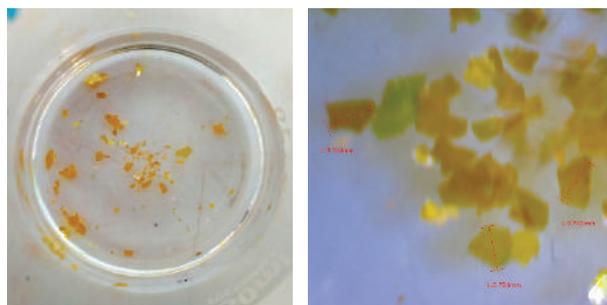
*Кристаллики  $PbI_2$ , выпавшие при сливании растворов с концентрациями 0,05 моль/л (первый стакан)*

Во втором стакане наиболее крупные кристаллы доросли до 0,43 – 0,5 мм. Кристалличность хорошо видна на фото ниже. И, наконец,

в последнем стакане кристаллы получились крупнее всего – больше 0,7 мм. Да, их мало, зато они большие и красивые.



*Кристаллики  $PbI_2$ , выпавшие на следующий день после сливания растворов с концентрациями 0,025 моль/л (второй стакан)*



*Кристаллики  $PbI_2$ , выпавшие через два дня после сливания растворов с концентрациями 0,008 моль/л (третий стакан)*

### **Влияние скорости пересыщения**

Число возникающих центров кристаллизации определяется не только величиной пересыщения, но и скоростью его изменения. А она, в свою очередь – скоростью увеличения концентраций

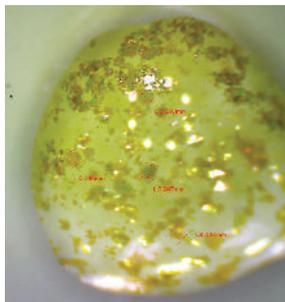
растворённых веществ за счет испарения растворителя или скоростью уменьшения растворимости за счет охлаждения.

В том же самом эксперименте иодид свинца (II) растворили в горячей

воде, а потом поместили в воду со льдом. При таком резком охлаждении образуется много зародышей, так что



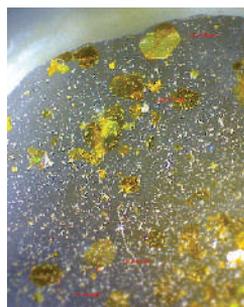
крупных кристаллов при этом не получится. Размер кристалликов составил от 0,23 до 0,29 мм.



*Кристаллики  $PbI_2$ , выпавшие при резком охлаждении*

В другом случае горячий раствор охлаждали медленно, на воздухе, при комнатной температуре. При постепенном охлаждении зародышей возникает

немного, и, вырастая равномерно во все стороны, они превращаются в красивые большие кристаллы (от 0,52 до 0,73 мм – на фото).



*Кристаллики  $PbI_2$ , выпавшие при медленном охлаждении*

### Рекомендуем проделать

Предлагаем провести эксперименты, демонстрирующие влияние разных факторов на размер кристаллов. Вещества можно использовать самые разные, начиная с хлорида натрия, который у всех под рукой, и заканчивая более редкими соединениями, которые вы можете обнаружить в лаборатории. Можно изучить кристаллизацию из разных растворителей. Можно получать вещества в растворе с помощью химических реакций – это обычная методика для квасцов, шенитов, плохо растворимых солей. Можно повторить описанные выше примеры, а можно попытаться провести собственное исследование. Обращайте внимание: где

кристаллы появляются быстрее? Где они быстрее растут? Где в каждый момент времени образуются самые большие кристаллы? А самые маленькие? Вас ждут интересные открытия.

1. Изучение влияния чистоты раствора.

Возьмите какое-либо одно вещество и приготовьте его насыщенные или почти насыщенные растворы на воде из различных источников – дистиллированной, водопроводной, минеральной, из реки, болота, моря... Если вы получаете вещество с помощью химической реакции, приготовьте на этой воде растворы реагентов. Чтобы сделать корректные выводы, все остальные условия кристаллизации

(концентрации, температура, перемешивание и др.) должны быть одинаковы.

## 2. Изучение влияния перемешивания.

Исходный раствор разлейте в несколько стаканов. Один поставьте (если есть возможность) на магнитную мешалку, чтобы обеспечить постоянное перемешивание, второй раствор размешивайте периодически, третий поставьте на стол, за которым работаете, четвертый спрячьте туда, где никто не будет его трогать. Для чистоты эксперимента проследите, чтобы температура всех растворов была одинаковой. Если, допустим, в тихом углу будет теплее или холоднее, чем на магнитной мешалке, вы не сможете понять, что повлияло на результат: перемешивание или температура.

## 3. Влияние температуры.

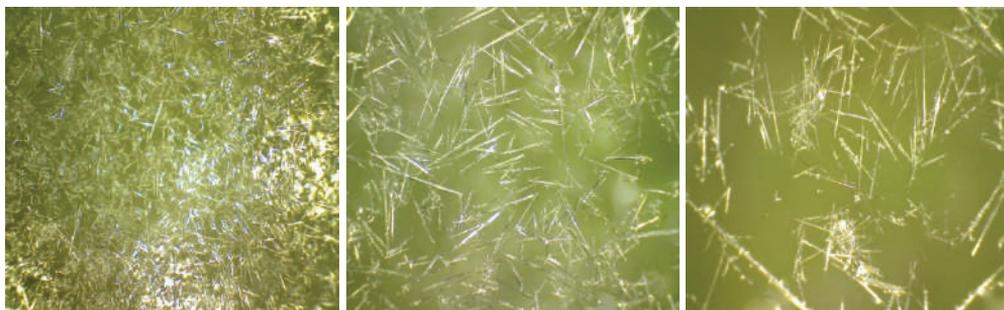
Один из стаканов с исходным раствором поставьте в холодильник, второй – на подоконник (зимой там будет холодно, а летом на солнце – наоборот, тепло), третий оставьте в обычных комнатных условиях, четвертый поместите близко к источнику тепла (плита, батарея, полотенцесушитель), пятый приготовьте на кипятке, залитом в термос, а в другой термос можете поместить шестой раствор – в умеренно горячей воде. Обязательно измерьте температуру во всех местах, где вы будете проводить эксперимент: просто

«холодно» или «тепло» – неподходящие описания для научной работы. Периодически контролируйте температуру: в частности, на подоконнике она может сильно меняться в зависимости от времени суток, облачности, ветра и т.д.

## 4. Влияние концентраций.

Если вы работаете с индивидуальным веществом – например, NaCl, – то вряд ли сумеете получить раствор с концентрацией больше растворимости. Если вам в голову пришла идея сравнить выделение кристаллов из насыщенного раствора и ненасыщенных, то возникает новая проблема: из ненасыщенного раствора кристаллы не выпадут, пока растворитель не испарится и концентрация не станет равна растворимости. То есть никакого сравнения не получится.

Влияние концентраций имеет смысл изучать, когда вы получаете кристаллизующее вещество в результате химической реакции – например, железоммониевые квасцы из сульфатов железа и аммония, сульфат кальция из нитрата кальция и сульфата натрия и т.п. Варьируйте концентрации реагентов при прочих одинаковых условиях, и ваш эксперимент окажется успешным. Не забудьте рассчитать концентрацию получаемого вещества в первый момент и оценить пересыщение раствора.



*На фотографиях – кристаллы бромида свинца (II), выпавшие при сливании растворов бромида калия и нитрата свинца (II). Как, по-вашему, менялась концентрация исходных растворов слева направо?*

## 5. Влияние скорости охлаждения.

Исходный горячий раствор разлейте в несколько стаканов. Один поставьте в холодильник, другой – в морозильник, третий оставьте при комнатной температуре,

четвертый налейте в термос. Обязательно измерьте температуру исходного раствора и через определенные промежутки времени повторяйте измерения, чтобы рассчитать скорость охлаждения.

### 6. Влияние скорости испарения.

Первая приходящая в голову мысль – ускорить испарение нагреванием. Но при этом у нас меняется еще один важный фактор – температура. Поэтому следует пойти другим путем: ускорять испарение обдувом (оставить один из стаканов на ветру, обдувать вентилятором или феном без нагревания) и замедлять использованием покровного материала различной проницаемости (марля, бумага, полиэтилен...).

### 7. Выращивание кристалла в наиболее благоприятных условиях.

Суммируя все, что было обсуждено – крупным кристаллам благоприятствуют умеренно чистый раствор, отсутствие перемешивания, высокие температуры, небольшое пересыщение и медленный его рост. Объедините все перечисленные условия в одном эксперименте. Только без фанатизма: желательность высокой температуры не значит, что надо

кипятить раствор (при этом усилится перемешивание, возрастет скорость испарения, и положительное влияние сменится отрицательным).

Образовавшиеся кристаллы следует внимательно осмотреть, выбрать из них наиболее крупный и красивый, а остальные аккуратно растворить. Выбранный кристалл подвесьте на нитке так, чтобы он был полностью погружен в раствор, но не касался дна, и верните в те условия, в которых он образовался. Время от времени (но не слишком часто, 1 – 2 раз в день вполне достаточно) проверяйте состояние кристалла и раствора. Чистите раствор и нитку от лишних кристалликов, ведь их рост отбирает питание у основного кристалла. Если уровень раствора заметно уменьшается, приготовьте дополнительное количество раствора и добавьте, сколько нужно.

Удачи!



*Кристалл, растущий в растворе. На нитке и на дне наростили лишние кристаллики, которые необходимо убрать*



*Как подвесить кристаллик*

## Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Учусь в медицинском. Проходили практику в больнице, меня послали на операцию к какому-то мужчине. Мужик посмотрел на меня и сказал: «Я заплачу любые деньги, только не подпускайте его ко мне». Это был мой бывший учитель биологии.

Сегодня макетировал вывеску для поликлиники, говорят: «Надо кардиограмму на неё». Срисовал кардиограмму из интернета. Пишут в ответ: «Зачем вы нам нарисовали такую ужасную тахикардию?! Вот вам картинка с кардиограммой здорового человека».



**Мычка Диана Андреевна**

*Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ. Активный участник олимпиадного движения ВсОШ, МОШ, олимпиады и турнира «Ломоносов», волонтер на MOSCOW URBAN FORUM 2021*

## Монодекагидрат додекакарбона

Кто же он – этот ужасный, опасный и таинственный монодекагидрат додекакарбона, о котором бьют тревогу ВОЗ и пресса? Отгадку смотрите в конце.

По миру беспощадным маршем шествует эпидемия болезни, которая уже сейчас поражает почти каждого 11-го человека, предупреждает Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

С монодекагидратом додекакарбона связаны около 3,7 млн смертей ежегодно. Специалисты предсказывают, что цифры будут только расти, если не принять радикальных мер.

Данное вещество известно уже не одну тысячу лет. В чистом виде представляет собой белый порошок, обладающий сладким вкусом, с температурой плавления 185 °С. Учёные и медики называют его иммунодепрессантом, причиной ожирения, инфарктов, инсультов.

Это вещество вызывает зависимость, как у детей, так и у взрослых.

Все кондитерские изделия (конфеты, печенье, пирожки, мороженое и многое другое), а также напитки (кока-кола, пеп-

си-кола и другие) в своем составе содержат огромное количество монодекагидрата додекакарбона.

### **Что происходит, если в организме избыток монодекагидрата додекакарбона?**

В первую очередь нужно отметить такие последствия:

- Повышается риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.
- Ухудшается состояние кишечной микрофлоры.
- Происходит рост гнилостных процессов.
- Развивается метеоризм.
- Ухудшается жировой и холестериновый обмен.
- Развивается кариес.
- Поражается печень.
- Снижается функция поджелудочной железы.



Рис. 1. В этих продуктах много монодекагидрата додекакарбона!

(<https://kartinkin.com/18251-muchnye-konditerskie-izdelija.html>)

(<https://ivona.bigmir.net/health/news/473553-Zabolevanija-kotorye-vyzyvaet-gazirovannaja-voda>)



Рис. 2. Симптомы сахарного диабета

(<https://hudeem.tv/saharnyj-diabet-priciny-simptomy-lecenie-i-profilaktika-osloznenia.html>)

Еще одно вредное действие монодекагидрата додекакарбона связано с развитием гормонального дисбаланса, который приводит к нарушению работы многих органов и систем. Это вещество атакует поджелудочную железу, что ведет к сахарному диабету, преддиабету, метаболическому синдрому. Помимо этого, начинает изменяться в худшую сторону минеральный обмен. Назовем и другие негативные свойства монодекагидрата додекакарбона:

- Ухудшает действие энзимов.
- Снижает содержание в организме веществ: витаминов группы В, меди, хрома, что приводит к повышению риска тромбоза, инфаркта.
- Ухудшает функцию сосудов.
- Уменьшает усвояемость кальция и магния.
- Провоцирует закисление организма, что отражается на общем состоянии здоровья и может привести к ацидозу.
- Вызывает ожирение.
- Снижает активность ряда ферментов.
- Вызывает старение кожи.

- Обостряет язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.
- Является излюбленной пищей гельминтов, поэтому злоупотребление продуктами, содержащими монодекагидрат додекакарбона, провоцирует размножение паразитов в организме.

Вред монодекагидрата додекакарбона заключается ещё и в том, что он блокирует действие антител, тем самым снижая сопротивляемость иммунной системы.

### Исследование о влиянии на смертность от COVID-19

Исследование китайских ученых выявило очень сильное влияние монодекагидрата додекакарбона на повышение риска смертности от коронавируса, что является важным открытием. Согласно данным этого исследования, у тех, кто имел уровень монодекагидрата додекакарбона выше, чем 7 миллимоль

на литр, в два раза повышался риск смерти от COVID-19 на 28 день после поступления.

Исследование еще раз подтвердило гипотезу, что пациенты с сахарным диабетом, а также с преддиабетом чаще погибают от коронавирусной инфекции.



Рис. 3. Летальность от коронавируса в зависимости от наличия различных патологий (<https://1novosti-regiona.ru/diabet-rak-i-astma-kakie-bolezni-povyshayut-shans-umeret-ot-koronavirusa/>)

Рис. 4. Тяжёлая степень COVID-19 при диабете

(<https://aleks070565.livejournal.com/8116699.htm?replyto=42773979>)

### Факты о монодекагидрате додекакарбона и его свойства

1. В Скиделе (республика Беларусь) произошел взрыв пылевоздушной смеси. Это случилось в галерее, соединяющей цех упаковки и фасовки монодекагидрата додекакарбона и лифтовую башню.

Пять работниц комбината (возраста 42–54 года) получили ожоги (от 50 % тела и выше), баротравмы и были госпитализированы. Три женщины умерли.

Монодекагидрат додекакарбона взрывоопасен, причем он относится к веществам первого класса по взрывоопасности. Пыль монодекагидрата додекакарбона в воздухе может взорваться от малейшей искры, нижний предел взры-

ваемости достигается при накоплении в кубометре воздуха всего 10 г пыли монодекагидрата додекакарбона.

На производствах, где в воздухе может скапливаться пыль монодекагидрата додекакарбона, устанавливается особо строгая техника безопасности. Иначе объёмным взрывом цех может просто разнести. Каждая из молекул монодекагидрата додекакарбона хорошо сгорает в воздухе, превращаясь в углекислый газ и воду и выделяя при этом большое количество теплоты. Частицам размером менее 0,1 мм легко соединиться с кислородом, и они горят с огромной скоростью – детонируют.



Рис. 5. Взрыв в цехе упаковки и фасовки монодекагидрата додекакарбона (<https://belaruspartisan.by/interview/373203/>)

2. Рассыпанный монодекагидрат додекакарбона многими сонниками предвещает утраты. При этом его количество указывает на их тяжесть. Это могут быть финансовые потери, неоправданные инвестиции – постарайтесь сохранить то, что имеете.



Рис. 6. Символическое изображение утраты в финансовой сфере (<https://valemidin.ru/using/sindrom-utraty/>)

3. Кузбассовцы убили пенсионерку и избili её мужа за мешок монодекагидрата додекакарбона.



Рис. 7. Следователи устанавливают обстоятельства происшествия (<https://sibdepo.ru/news/kuzbassovtsy-ubili-pensionerku-i-izbili-eyo-muzha-za-meshok-sahara.html>)

4. В Лопандино мешки с монодекагидратом додекакарбона убили женщину.

21 мая 2019 года в посёлке Лопандино Комаричского района в складском помещении при проведении погрузочных работ в результате падения мешков с монодекагидратом додекакарбона получила несовместимые с жизнью травмы 48-летняя работница.



Рис. 8. Мешки с монодекагидратом додекакарбона (<https://gorodbryansk.info/2019/05/sled1-727/>)

5. Опыты на крысах показали, что употребление монодекагидрата додекакарбона вызывает зависимость, при этом произведённые монодекагидратом додекакарбона изменения в мозге очень похожи на те, что возникают под действием кокаина, морфия или никотина.

6. К той же группе органических веществ, что и монодекагидрат додекакарбона, относится гликолевый альдегид, который был найден даже в скоплениях межзвёздной пыли за миллиарды километров от нашей планеты.



Рис. 11. Скопление межзвёздной пыли (<https://www.gogetnews.info/news/science/1536-55-uchenye-obnaruzhili-v-galaktike-samoe-staroe-oblako-kosmicheskoy-pyli.html>)

7. Кристаллами монодекагидрата додекакарбона можно порезаться, и даже изготовить настоящий нож. Японский мастер сделал острый кухонный нож из монодекагидрата додекакарбона.



Рис. 12. Kiwami Japan «Сладкий нож» (<https://gameguru.ru/publication/yaponsky-master-sdelal-ostry-kuhonny-noj-iz-sahara-i-konfet/>)

### 8. Теракты 1999 года: чем взрывали?

Генерал Миронов объясняет роль монодекагидрата додекакарбона: «Сначала мы думали, что он используется только для конспирации, чтобы скрыть

перевозки. А оказалось, что он является активным компонентом, который полностью срабатывает при взрыве. При этом выделяется большое количество тепла и выжигается большое количество кислорода. Образуется безвоздушное пространство в месте взрыва и высокая температура, которая также не даёт ничему живому выжить».



Рис. 13. Взрыв 9 сентября 1999 года в многоэтажном жилом доме на улице Гурьянова (<https://photochronograph.ru/2020/04/03/1999-god-terroristicheskij-akt-na-ulice-guryanova-8-sentyabrya/>)

## Калейдоскоп

## Калейдоскоп

## Калейдоскоп

### Мой любимый металл – ванадий

Ванадий – широко распространённый в природе металл, является пятым по распространённости среди переходных.

Он назван в честь богини красоты древних скандинавов – Ванадис. Несмотря на то, что чистый металл серебристо-серого оттенка, его соединения имеют довольно разнообразные яркие цвета. Также для него характерны различные степени окисления и интересная стереохимия.

Ванадию свойственна устойчивость к коррозии, поэтому его добавляют к сплавам для повышения прочности, износостойкости, придания ковкости. Этот металл образует множество соединений,

### Слиток ванадия

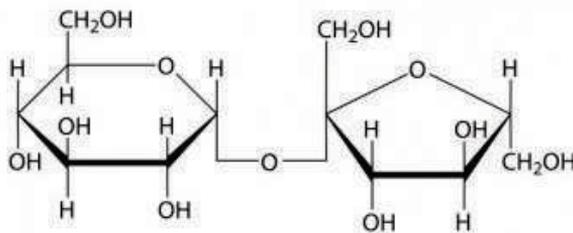
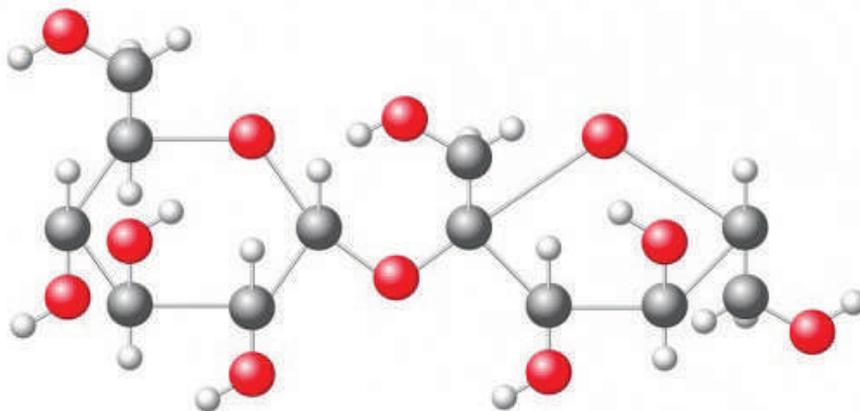
включая разнообразные оксиды. Наиболее важный в применении –  $V_2O_5$  (в чистом виде жёлто-оранжевый) – используется как катализатор для окисления  $SO_2$  до  $SO_3$ . Роль ванадия в биохимии имеет большое значение для морских обитателей – существует гипотеза, что ванадий для них заменяет Fe в гемоглобине.

Таким образом, ванадий – полезный химический элемент, нашедший своё применение во многих областях.

Арина С.

### Кто же он, таинственный монодекагидрат додекакарбона?

Другое название описанного вещества –  $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1,2)- $\beta$ -D-фруктофуранозид. Его формула:



Узнали?



Рис. 14. Сахар

(<https://www.shutterstock.com/fr/search/coffee+sugar>)

## 1. По квитанции через Сбербанк

### Электронная подписка

Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 50 рублей  
Вся информация на сайтах

[edu-potential.ru](http://edu-potential.ru)  
[www.karand.ru](http://www.karand.ru)

## 2. В редакции журнала

115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/1,  
(м. «Третьяковская», «Новокузнецкая»), тел. (495) 787-24-95.

### Где можно приобрести журнал?

1. В интернет-магазине Карандаш ([www.karand.ru](http://www.karand.ru));
2. На сайте журнала ([edu-potential.ru](http://edu-potential.ru))

### Реквизиты

000 «Азбука – 2000»
ИНН 7726276058/КПП 772601001
БИК 044525225
Расч. счёт – 40702810338330102512
Корр. счёт – 30101810400000000225
Московский банк ПАО «Сбербанк России»

Теперь вы можете читать журнал со своего планшета!



## ПРОЕКТНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА



## В следующем номере:

- ◆ Удивительные миксомицеты: «пришельцы из космоса», биоробот и лекарства будущего.  
*Семенов И.А., Мишулин А.А.*
- ◆ Наносеребро для спасения спасателей. *Степанова Д.К.*
- ◆ Задания Проектной химической олимпиады 2020 по физической химии (заочный тур).  
*Терляков С.Ю.*

### ПРОГРАММА СПОНСОРСКОЙ ПОМОЩИ ЖУРНАЛУ «ПОТЕНЦИАЛ. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА»

Журнал для старшеклассников и учителей «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» выпускается на средства выпускников МГУ им. М.В. Ломоносова. В журнале действует Программа спонсорской помощи. Программа допускает поступление финансовой, материальной, информационной и иной помощи журналу. Координирует работу Программы Спонсорский совет, являющийся структурным подразделением журнала. Спонсорами могут быть физические или юридические лица. Спонсорская помощь осуществляется однократно или на постоянной основе. В последнем случае спонсор входит в Спонсорский совет журнала. Имена спонсоров текущего номера журнала печатаются (при согласии спонсора) в этом же номере. По вопросам оказания спонсорской помощи обращаться в редакцию.

Тел. (495) 787-24-94, (495) 787-24-95  
E-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru)

### Наши спонсоры



## АЗБУКА

Полиграфическая компания  
Тел: (985) 768-25-48,  
(495) 787-24-95  
[www.azbukaprint.ru](http://www.azbukaprint.ru)



[www.internat.msu.ru](http://www.internat.msu.ru)