

12+

ISSN 2221-2353

Химия Биология Медицина

ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Июль-Сентябрь 2020 №3 (77)

Химия

Биология

Медицина

Олимпиады

**Исследовательская
деятельность**

**Профильное
образование**

Эксперимент

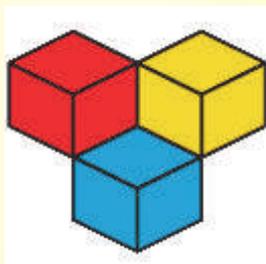
Хочу быть

Сквозь время

Калейдоскоп

В ноябре 2020 г. начинается

ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДА СУНЦ МГУ



Олимпиада имеет естественнонаучную направленность и проводится по пяти традиционным предметам: **математике, физике, химии, биологии, информатике**. В олимпиаде может бесплатно участвовать любой школьник с **7 по 10 класс**.

Олимпиада проводится в **три этапа**. Для 9-10 классов 1-й этап начинается с 15 ноября и длится вплоть до 2-го этапа в конце января – начале февраля; 3-й этап состоится в конце февраля. Для 7-8 классов 1-й этап стартует 15 января, 2-й этап проходит в конце марта – начале апреля, 3-й этап в апреле.

На первом и втором этапах проверка работ участников проводится в автоматическом режиме по ответам. **Первый этап** – тренировочный, основная его задача – дать участникам олимпиады освоиться с тестирующей системой. Если кто-то пропустил первый этап – он может начать сразу со второго. **Второй этап** является отборочным. К участию во втором этапе допускаются все желающие. По его итогам определяется список школьников, допущенных на заключительный этап.

Третий этап олимпиады проводится по специальному графику в каждом классе и по каждому предмету в отдельности. Каждый участник заключительного этапа представляет подробные решения предложенных задач отдельно по каждому предмету, загружая их на сайт. Жюри олимпиады проверяет работы этого этапа в ручном режиме. Именно по результатам заключительного этапа определяются **победители и призеры**.

Победители и призеры олимпиады, набравшие по трем предметам сумму баллов выше установленной администрацией Центра дистанционного обучения СУНЦ МГУ, приглашаются в [Заочную школу СУНЦ МГУ](#) без прохождения дополнительного отбора.

Все подробности вы можете посмотреть на странице Интернет-олимпиады СУНЦ МГУ <http://internat.msu.ru/distantcionnoe-obuchenie/internet-olympiad/> и по многочисленным ссылкам с нее. Если у вас останутся вопросы, их можно задать:

- 1) В разделе «обратная связь» [Личного кабинета СУНЦ МГУ](#);
- 2) По электронной почте cdo@internat.msu.ru;
- 3) По телефону +7 (968) 616-29-32.

ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание Июль-Сентябрь № 3 (77) 2020

Колонка редактора

- 2 Уроки прошедшего года. *Н.И. Морозова*

Химия

- 3 «Медовый» материал. *Е.О. Гордеева*
9 Добываем железо. Секреты восстановления.
Н.И. Морозова

Биология

- 19 Премудрости с пескрями. *А.Л. Мартынова*

Медицина

- 25 Хочешь, погадаю? *Е.Б. Крицкая, Е.В. Осипенко*

Олимпиады

- 30 Задания LXXVI Московской городской олимпиады школьников по химии 2020 г. (10 класс). *М.А. Марков*

Исследовательская деятельность

- 42 «Капсула жизни» – новый метод посадки деревьев. *Д.А. Приказчиков, Г.П. Сотникова*

Профильное образование

- 46 Логарифмы в химии и биологии. *А.А. Семенов, С.А. Ухов*

Эксперимент

- 56 Активный ил для дорожных откосов: «за» или «против»? *А.А. Унтилова*

Хочу быть

- 61 Параллельная ДНК. *Ю.Д. Нечипоренко*

Сквозь время

- 64 Научные путешествия. В Шанхай за нанотехнологиями. *Ю.Д. Нечипоренко*

Калейдоскоп

- 75 WO_3 против TiO_2 : битва за радикалы.
Т.О. Козлова, О.С. Иванова

Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева
Научные редакторы Н.И. Морозова,
Л.Н. Оболенская
Ответственный секретарь
А.В. Буланов
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
Сайт: www.edu-potential.ru

Подписано в печать 28.07.2020

Усл. печ. л. 5

Формат 70x100 1/16

Заказ № 205

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

Уроки прошедшего года

Перед новым учебным годом всегда полезно вспомнить: а чему мы научились в прошлом году?

Прошедший учебный год был необычным. Добрую его треть никто не ходил в школу – ни учителя, ни ученики. Пандемия наложила на все аспекты нашего бытия свой отпечаток. Во многом негативный: разрушились планы, пострадала экономика, повысилась тревожность. Кого-то болезнь выбила из ритма жизни, для кого-то ударом стала потеря родных и близких.

Однако любой кризис стимулирует развитие. Помните цитату: «Что нас не убивает, то делает нас сильнее»? Эта мысль принадлежит Ф. Ницше.

Вы можете себе представить, чтобы в обычных обстоятельствах все преподаватели страны за неделю освоили инструменты дистанционного обучения? Конечно, нет. Учителя – вообще довольно консервативный слой населения. Но когда ситуация оказалась безвыходной – посещать общественные места нельзя, а учить детей надо, – учителя оперативно преодолели

психологические и технические трудности и массово овладели дистанционными технологиями. Можно спорить о том, насколько эти технологии способны заменить очное образование (разумеется, не на 100 %!), но ученики в критический период не остались брошены, получили возможность закончить учебный год, выпускники сдали экзамены. Преподаватели научились учить, а школьники и студенты – учиться в интернет-пространстве. Ситуация несомненно дала толчок развитию старых и разработке новых форм дистанционного обучения.

Научились мы и другим вещам. Беречь свое и чужое здоровье, внимательнее относиться к гигиене: часто и тщательно мыть руки, пользоваться антисептиками, обрабатывать поверхности. Следить за новостями медицины и биологии, уважать труд ученых и врачей.

Вирус еще не побежден, и, вероятно, человечеству еще придется решать разные связанные с ним проблемы. И обязательно – извлекать из них уроки.



Гордеева Елена Олеговна

*Студентка 2 курса магистратуры Факультета наук
о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова*

«Медовый» материал

Один из главных трендов современной химии и технологии – получение не просто новых веществ, а новых материалов. Особенно интригует, когда новые материалы создают не из каких-то экзотических, а из хорошо известных веществ – за счет условий синтеза. А самое интересное – это дизайн материалов с заданной структурой.

Уникальная гексагональная структура

Вы когда-нибудь разглядывали медовые соты? Как пчёлам удаётся создать подобную уникальную гексагональную структуру? Пчёлы очень умные существа, они стремятся использовать пространство максимально эффективно, поэтому оставлять пустые промежутки им не хочется. Но заполнить плоскость без пустот можно только тремя фигурами: правильными треугольниками, квадратами или шестиугольниками. При одинаковой площади фигур заполнение гексагональными ячейками приводит к наименьшей общей длине перегородок, то есть пчёлы потратят меньше воска и меньше энергии. Соответственно, такое заполнение пространства им выгодно.

Архитекторы активно перенимают опыт пчёл (рис. 1). Норвежская фирма «Various Architects» создала

мобильную медийную площадку, состоящую из 20 структурных сегментов, различное сочетание которых позволяет получать помещение площадью от 2000 до 3900 квадратных метров. Гексагональная форма отдельных элементов нужна для того, чтобы добиться хорошей стыковки сегментов между собой при сборке площадки. Китайская стальная корпорация «Sinosteel» заказала архитектурной студии MAD комплекс с офисной башней и отелем высотой 358 и 95 метров, соответственно. Оболочка зданий представляет собой структурные формы с повторяющимся мотивом шестиугольников. Использование такого фасада позволяет обойтись без колонн внутри здания, что приводит к более эффективному заполнению внутреннего пространства.

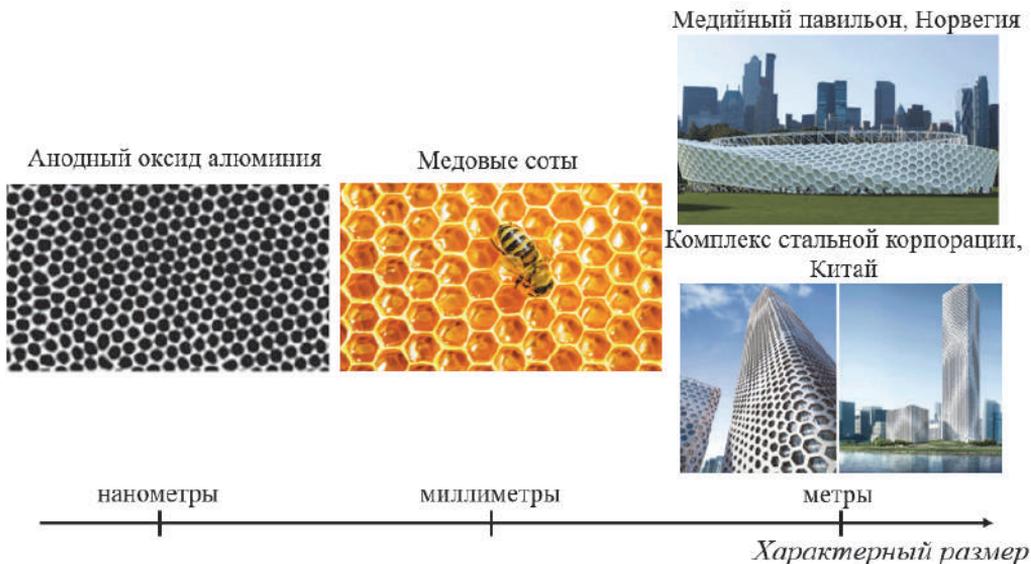


Рис. 1. Упорядоченная гексагональная структура различного размера

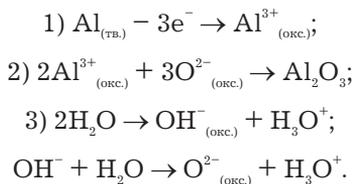
А теперь представьте, что существуют материалы, которые имеет подобную структуру на наноуровне. Например, известный многим графит, строение которого физики и химики активно изучают в течение многих лет. Однако здесь речь пойдет не о таком распро-

странном, но тоже очень интересном веществе – анодном оксиде алюминия. Если в случае медовых сот стараются пчелы, в случае зданий – архитекторы и строители, то кто или что отвечает за гексагональный мотив в этом удивительном материале?

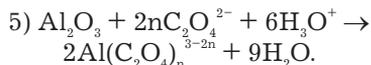
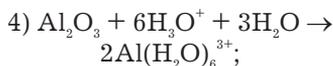
Наностроители

Анодный оксид алюминия получают путём окисления металла (алюминия) в растворах кислот (чаще всего серной или щавелевой) при пропускании электрического тока. Протекающие при этом процессы довольно сложны. Упрощенно их схему можно представить в виде следующих элементарных реакций (рис. 2):

Образование оксида:



Растворение оксида / образование пор:



Важно, что реакции образования оксида и его растворения с формированием пористой структуры происходят на дне пор. Помимо этого, необходимо учитывать процессы, связанные с подводом реагентов ко дну поры и отводом продуктов реакции в объем электролита. Условно ионы можно сравнить со строителями: представьте, что существует две бригады, одна из которых работает только у основания пор непосредственно над созданием пористой структуры, а

другая отвечает за транспорт строительных материалов ко дну и от дна поры. И от согласованной работы этих двух бригад зависит качество получаемого в

итоге материала. Под качеством материала подразумевается близость его структуры к бездефектной гексагональной упаковке.

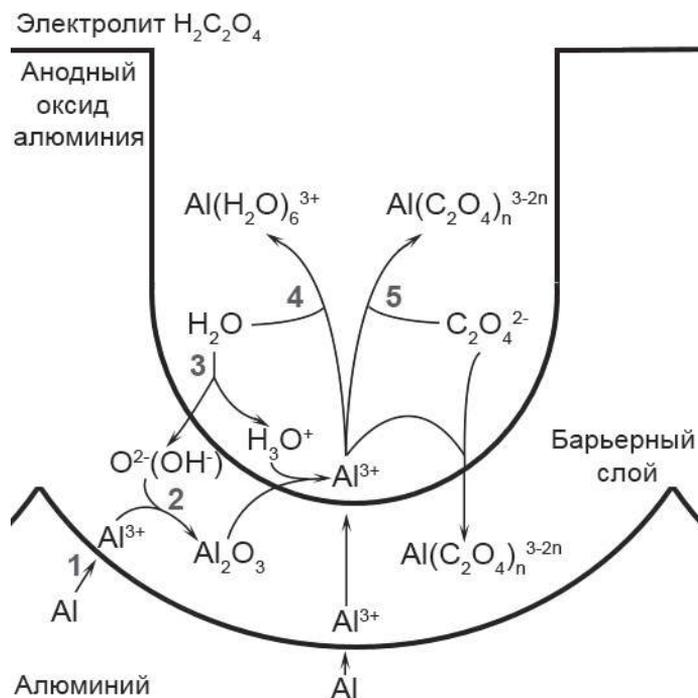


Рис. 2. Реакции, протекающие при анодном окислении алюминия в растворе щавелевой кислоты у основания пор

Упорядоченная и неупорядоченная структура

Ячейка для анодного окисления алюминия представляет собой емкость, заполненную какой-либо кислотой, при этом с одной стороны емкости расположен анод, на который крепится алюминиевая пластинка, а с другой катод – платиновая проволока. Для протекания реакции между электродами должен протекать ток, поэтому ячейку подключают к источнику тока и подают постоянное напряжение. В простейшем случае условия получения анодного оксида алюминия можно задать парой: состав электролита (концентрация и природа кислоты) + приложенное напряжение. Оказыва-

ется, что в одной и той же кислоте при одном напряжении структура может очень сильно напоминать медовые соты, а при небольшом отклонении от этого напряжения структура резко ухудшается. На рис. 3 приведены изображения электронной микроскопии образцов, полученных при анодном окислении алюминия в растворе щавелевой кислоты с концентрацией 0,3 моль/л (27 г/л) при различных напряжениях. Видно, что при напряжениях около 40 В и выше 120 В наблюдается гексагональная упаковка пор, а вот при промежуточных напряжениях структура сильно дефектна.

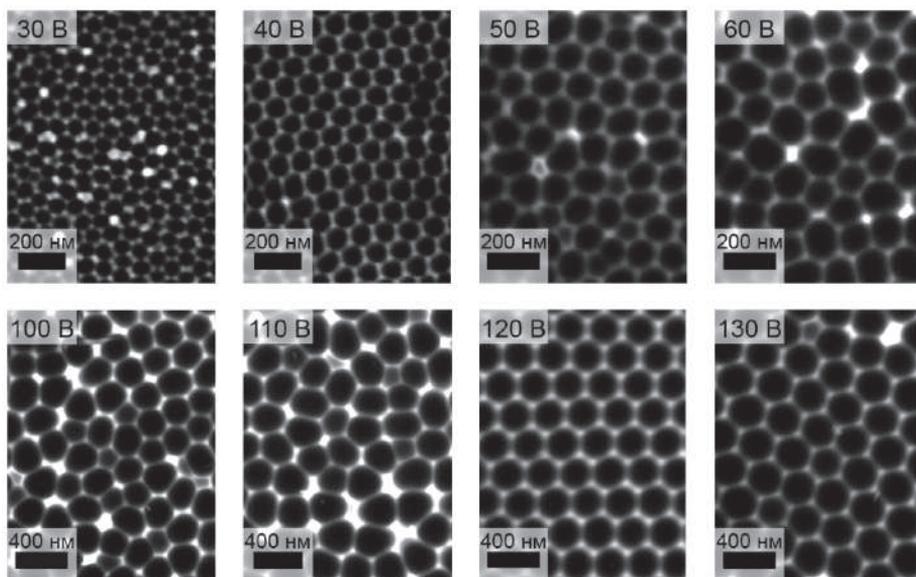


Рис. 3. Изображения растровой электронной микроскопии поверхности алюминия после анодирования в 0,3 М растворе щавелевой кислоты и селективного удаления оксидной плёнки. Углубления в поверхности алюминия позволяют точно судить о расположении пор в анодном оксиде алюминия

Можно визуально оценивать качество получаемых структур, но гораздо удобнее ввести количественный параметр. Если внимательно посмотреть на структуру медовых сот, то видно, что каждую ячейку окружает шесть соседей. Так и в анодном оксиде алюминия, при оптимальных условиях каждую пору окружает шесть других (попробуйте посчитать количество соседей у образцов, полученных при 40 В и 120 В). Если приложенное напряжение выбрано не очень удачно, то у некоторых пор количество соседей может быть отличным от 6 – от 4 до 8. Таким образом, доля пор в гексагональном окружении (с шестью соседями) – очень удобный

параметр для оценки упорядоченности структуры. Чем ближе эта величина к 100 %, тем выше степень упорядочения структуры анодного оксида алюминия. Следует сразу отметить, что 1) мы не можем добиться того, чтобы все 100 % пор были окружены 6 соседями, даже при оптимальных условиях небольшие дефекты в структуре будут наблюдаться; 2) даже для самых неупорядоченных структур этот параметр находится на уровне ~50 %, то есть для всех условий анодирования гексагональное окружение является преобладающим.

Так почему же при одних напряжениях упорядоченная структура наблюдается, а при других нет?

Первое условие упорядочения

Вспомним про две «бригады строителей», работа которых разделена территориально. Оказывается, что при малых напряжениях

о подводе реагентов и отводе продуктов реакции беспокоиться не стоит, скорость окисления алюминия ограничена процессами,

которые протекают на дне пор. В этом случае говорят о кинетическом режиме роста оксидного слоя. При высоких напряжениях, напротив, реакции на дне пор протекают быстро, а вот транспорт веществ по длинным и узким каналам между объемом электролита и дном пор (местом протекания электрохимических реакций, согласно рис. 2) определяет скорость всего процесса. Этот режим роста оксидного слоя называется диффузионным.

На рис. 4 приведена зависимость доли пор в гексагональном окружении

нии от напряжения анодирования. Оказалось, что рост плёнки в кинетическом или в диффузионном режиме приводит к получению упорядоченных структур. А вот если эти два ограничения работают одновременно (часть пор растет в кинетическом режиме, а часть пор в диффузионном), формирование гексагональной упаковки каналов не происходит. Другими словами, строители у дна пор и наверху не могут между собой договориться, кто задает темп совместной работы. Заметим, что это условие упорядочения является необходимым, но недостаточным.

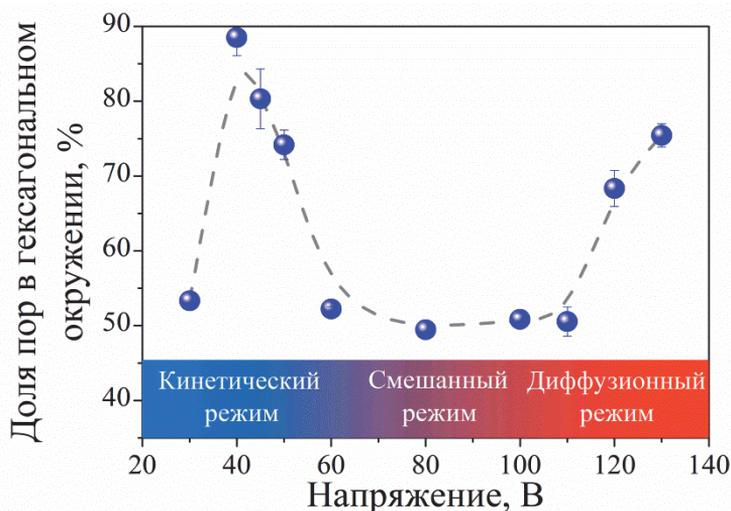


Рис. 4. Зависимость доли пор в гексагональном окружении от напряжения анодирования. Образцы получены в 0,3 М растворе цавелевой кислоты

Второе условие упорядочения

Но не всё зависит от строителей. При окислении алюминия оказывается, что объем израсходованного алюминия меньше, чем объем образующегося из него оксида. Это означает, что при формировании анодного оксида алюминия в структуре возникают механические напряжения, которые могут влиять на рост оксидного слоя. Оказывается, что отношение объема образующегося оксида к объ-

ему окисленного металла возрастает при увеличении напряжения анодирования (рис. 5). Отношение объемов больше 1,4 – второе необходимое условие упорядочения. При меньших значениях данного параметра формирование упорядоченной структуры не происходит из-за низкой скорости процесса упорядочения, обусловленной малыми механическими напряжениями.

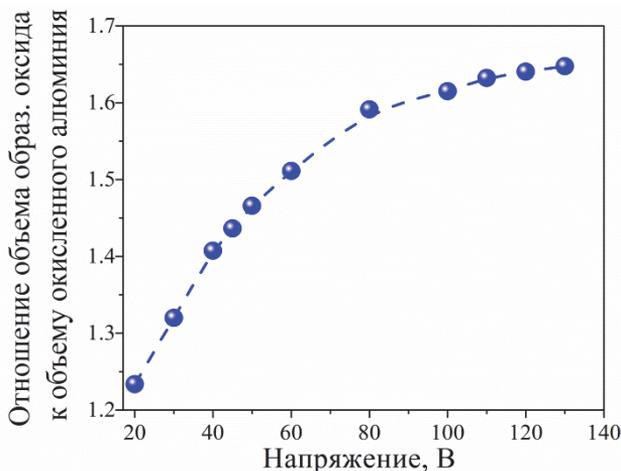


Рис. 5. Зависимость коэффициента объемного расширения материала от напряжения анодирования. Образцы получены в 0,3 М растворе щавелевой кислоты

Итак, при правильном подборе условий электрохимического окисления алюминия можно получить материал, структура которого будет напоминать медовые соты. При этом высокая степень упорядочения будет достигнута при одновременном выполнении двух условий: 1) формирование материала должно происходить либо в кинетическом, либо в диффузионном режиме, когда лишь одна «команда строителей» определяет скорость совместной работы; 2) отношение объема анодного оксида алюминия к объему окисленного алюминия должно быть больше 1,4.

Зачем же всё это нужно? Вы даже не догадываетесь, что большинство из вас сталкивается с анодным оксидом алюминия каждый день. Его поры легко заполнить краской и уплотнителями, в результате получа-

ются очень яркие и устойчивые к повреждениям покрытия. Задняя крышечка вашего телефона, планшета, корпуса карт памяти, ноутбуков – всё это анодный оксид алюминия. Точно такие же технологии применяются на космических станциях: с одной стороны, они защищают алюминий, а с другой, помогают космонавтам ориентироваться в открытом пространстве. Есть ещё множество применений данного материала, например, фильтрация нефтяных газов или получение других удивительных нанообъектов. Учёным гораздо удобнее работать с упорядоченными структурами, поэтому описанные в этой статье закономерности помогут им продвинуться ещё дальше в своих исследованиях и расширить область применения этого интересного материала.

Данная статья написана на основании двух работ:

Roslyakov I.V., Gordeeva E.O., Napolskii K.S. Role of electrode reaction kinetics in self-ordering of porous anodic alumina // *Electrochimica Acta*, 2017, V. 241, P. 362-369.

Гордеева Е.О., Росляков И.В., Садыков А.И., Сучкова Т.А., Петухов Д.И., Шаталова Т.Б., Напольский К.С. Эффективность формирования пористых оксидных плёнок при анодном окислении алюминия // *Электрохимия*, 2018, Т. 54 (№11), с. 999-1009.



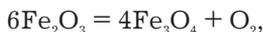
Морозова Наталья Игоревна

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.

Добываем железо. Секреты восстановления

В прошлом номере мы начали разговор о том, откуда берется железо. Разумеется, в каком-то виде (обычно связанном) оно уже есть на Земле. Но для цивилизации оно нужно в виде металла. Как же получить металл из руды?

Допустим, мы нашли железную руду, обогатили ее, как могли, избавили от излишка влаги. Что дальше? Как извлечь из нее железо? Привычная, навязанная школьным курсом химии схема реакций разложения – «погреем, и вещество само разложится на простые» – здесь не подходит. Красный железняк разлагается лишь при 1200 – 1390°C, при этом не до железа, а до смешанного оксида:



он при температуре выше 1538°C переходит в оксид железа (II):



а тот кипит при 3414°C, не разлагаясь. Теоретическая температура разложения FeO на Fe и O₂, рассчитанная из термодинамических параметров – 3569°C. Нагреть что-то в промышленности выше 3569°C – само по себе проблема, ведь это требует огромного количества энергии и огнеупорных материалов. А будет ли толк? Вероятно, нет. Ведь в кислородной атмосфере при охлаждении железо снова окислится. А убрать кислород из его смеси с парами железа при таких условиях реальных способов нет.

Чтобы забрать у любого из оксидов железа кислород и получить металл, нужен восстановитель.

Пирометаллургия. Восстановление водородом

Когда говорят о восстановителях, первым в голову приходит водород – тоже следствие инерции мышления, вырабатываемой школьным курсом. На самом деле водород крайне редко применяют в металлургии. Почему?

Неужели он не восстановит железо из оксида?

Восстановит, и не только железо. Исключений очень немного. Щелочноземельные металлы не получают по двум причинам. Во-первых,

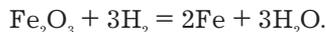


они реагируют с парами воды, которые образуются в результате реакции, и снова превращаются в оксиды. Во-вторых, они реагируют при нагревании и с водородом, образуя гидриды. По тем же причинам с помощью водорода нельзя получить щелочные металлы (плюс к вышеперечисленному, оксиды щелочных металлов – неустойчивые и дорогие вещества, никак не образующиеся из природного сырья без участия самих щелочных металлов). Оксиды хрома (III) и алюминия не восстанавливаются водородом, т.к. имеют слишком прочную кристаллическую решетку. Вот, пожалуй, и всё.

Сконструировать лабораторную установку, в которой можно провести восстановление оксида железа водородом, не составляет труда. Ток водорода продувается через реакционную трубку, в которой лежит ок-

сид, трубка нагревается, образующиеся пары воды уносятся током водорода наружу. Откуда берется водород? Из баллона или из установки для его получения, все равно, лишь бы он не содержал примесь кислорода. Куда девается его избыток, ведь водород не расходуется полностью? Вот это уже проблема. Просто выпустить водород из нагретого прибора нельзя: смешавшись с воздухом, он взорвется¹. Поэтому на выходе водород поджигают с соблюдением специальных условий, исключающих проскок пламени внутрь прибора и срыв пламени (перед этим отдельно проведя проверку прибора на герметичность и проверку водорода на чистоту от кислорода). Пусть уж сразу сгорит.

Одна из возможных реакций получения железа:



Лабораторные приборы для восстановления оксида металла водородом (на каждом фото: слева – сосуд для получения водорода, правее – реакционная трубка, в середине которой находится оксид, справа – отвод с медной спиралью для исключения проскока пламени, на конце которого водород поджигается)

Взрывоопасность водорода – одна из причин, почему его применяют в промышленности лишь тогда, когда нет других вариантов. Вторая причина в том, что водород – довольно дорогой восстановитель, а промышленность старается использовать как можно более дешевые технологии.

Тем не менее в лаборатории этот способ применяется с успехом. Кроме железа, таким способом можно добыть, например, медь, ванадий, никель, кобальт, цинк, марганец. Несложно получить также свинец и олово, но эти металлы легкоплавки ($T_{\text{пл}}$ 327°C и 232°C, соответственно) и

¹ Про взаимодействие водорода с кислородом и его нюансы мы писали в номере 4 за 2019 год.

в условиях реакции приплавляются к реакционной трубке; для их получения оксиды надо помещать в достаточно широкую трубку в керамической лодочке.



Одна из подготовленных проб грунта (слева) и железо, полученное ее восстановлением водородом (справа)

Пиromеталлургия. Металлотермия

С помощью чего еще можно восстановить оксиды металлов при высокой температуре? С помощью других металлов, ведь для металлов восстановительные свойства очень характерны. Это тоже пиromеталлургический процесс, его название – металлотермия.

От чего зависит способность металла быть восстановителем в металлотермии? От прочности кристаллической решетки исходного и конечного оксида. Реакция должна быть энергетически выгодной, поэтому кристаллическая решетка конечного оксида должна быть прочнее, чем исходного. Металл с очень прочной кристаллической решеткой оксида – это алюминий, теплота образования Al_2O_3 1676 кДж/моль (сравните с теплотами образования Fe_2O_3 822 кДж/моль, Fe_3O_4 1117 кДж/моль, FeO 265 кДж/моль). Возможная реакция:

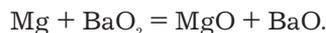


Это сильно экзотермическая реакция, в ее ходе развивается температура до 2400 °С. Ее используют для

описанный способ – пиromеталлургический процесс. **Пиromеталлургией** называется получение металлов восстановлением руд при высоких температурах.

сварки крупных железных конструкций, а также в качестве зажигательных составов в военном деле под названием «термит». Но железо в промышленности так не получают. Почему? Опять же потому, что есть более дешевые способы.

Однако если его можно получить таким способом, почему бы не попробовать? Приготовим смесь хорошо измельченной руды со свеженапиленным порошком алюминия, рассчитав их примерное отношение, соответствующее стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции. И подожжем ее. Но чем? Спичкой – не получится. Для того, чтобы началась реакция между твердыми веществами, необходима очень высокая температура (в данном случае 1300 °С). Поэтому делают запал – другую смесь, например, пероксид бария с порошком магния, между которыми протекает реакция с большим тепловыделением:



Запал следует поджигать магниевой лентой (температура ее горения около 800 °С), спички недостаточно.

Т.е. последовательность действий для проведения алюминотермии такая: вначале мы располагаем все вещества в нужном порядке (делается ямка в песке – в песчаной бане в лаборатории или прямо на улице, – в нее помещается асбестовый фунтик или шамотовый тигель, в него насы-



Алюминотермия: слева – поджигаем магниевую ленту, в середине – загорелся запал, справа – горит термит

После охлаждения (довольно долго!) тигель можно разбить, а фунтик развернуть и найти внутри «королек» железа.

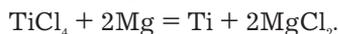
На том же принципе основано получение некоторых металлов из галогенидов. Металл-восстановитель подбирается так, чтобы кристаллическая решетка продукта была прочнее кристалличе-

пается термитная смесь, в углубление на ее поверхности – запальная смесь, сверху в запальную смесь втыкается магниевая лента, а потом поджигаем длинной лучиной магниевую ленту, от нее загорается запал, а от него зажигается термит. Вот так сложно. Зато каков эффект!

ской решетки исходного галогенида:



А еще лучше, когда в условиях реакции у исходного вещества вообще нет кристаллической решетки. Например, TiCl_4 – жидкость, а хлорид магния твердый:



Восстановление углем и другими углеродсодержащими восстановителями



Угольная яма

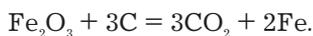
(https://www.allremont59.ru/wp-content/uploads/2019/03/kak_sdelat_drevesnuy_ugol3.jpg)

Самый дешевый и самый древний восстановитель в пирометал-

лургии – уголь. Давным-давно для получения угля на склоне обрывистой горы, где обнаруживались выходы руд, рыли большую яму, в которой в течение некоторого времени жгли дрова (например, каштановые). В недостатке кислорода дерево обугливалось. Затем, когда земля вокруг угольной ямы накалялась настолько, что надо было постоянно поливать ноги холодной водой, чтобы стоять вблизи, в ту же яму бросали руду, затем снова засыпали древесным углем и снова жгли.

Уголь легко доступен, его несложно получить из подручного сырья (в отличие от того же алюминия),

его использование достаточно безопасно (в отличие от водорода). Минус угля как восстановителя в том, что, по сравнению с восстановлением водородом, требуется более сильный нагрев: реакцию между двумя твердыми веществами завести трудно. Так, если для восстановления оксида железа водородом достаточно пламени сухого горючего (около 500°C), то для эффективного восстановления углем требуется паяльная горелка (900°C), причем греть придется довольно долго. Как уголь, так и руду надо хорошенько растереть, чтобы увеличить их поверхность соприкосновения. Но собирать специальный прибор не требуется: процесс можно вести в обычной пробирке или в тигле. Одна из возможных реакций:



Для начала стоит опробовать процесс на оксиде меди: образующиеся розовые крупинки меди хорошо видны, и протекание реакции легко контролируется.

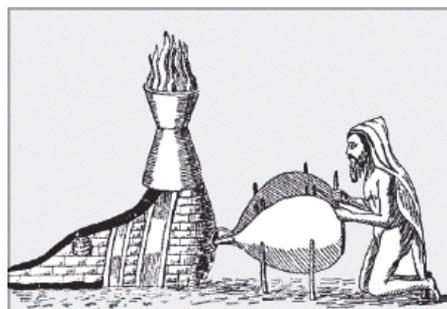


Красная медь на фоне избытка угля (пробирка растрескалась от сильного нагрева)

Темное железо на фоне темной угольной массы различимо плохо. Доказать его образование можно так: после остывания извлекаем железо магнитом и растворяем в соляной кислоте, наблюдаются пузырьки

газа (при реакции металла с кислотой выделяется водород).

По сравнению с угольными ямами появление **сыродутного горна** (глиняной печи) стало большим прогрессом. В рабочем пространстве горна слоями загружали измельченную руду и уголь, все это поджигалось, и через отверстия-сопла специальными кожаными мехами нагнетался сырой (холодный) воздух. Под действием воздуха уголь превращался в угарный газ. Таким образом, трудно протекающая реакция твердого вещества с твердым сменилась реакцией твердого вещества с газом – это хотя и гетерогенный процесс, но существенно менее затрудненный. При температуре 900° CO восстанавливает руду, и получается бесформенный, пропитанный шлаком, образующимся из пустой породы, пористый кусок – крица. Крица после этого проковывалась, чтобы удалить из нее шлак.



Человек нагнетает воздух в горн (<http://gymn25-chemistry.narod.ru/Istoria/Zezezo.gif>)

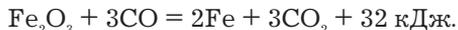
Сыродутный способ, иногда называемый варкой железа, неэкономичен. Но дальнейшая его эволюция привела к домне. В **доменном процессе** вместо древесного угля используется кокс, который отдельно получают из угля нагреванием без доступа кислорода; в процессе коксования из угля удаляется влага, соединения азота и фосфора, водород.



Доменная печь Новолипецкого металлургического комбината

(https://img-fotki.yandex.ru/get/9514/11803217_0.73/0_e979e_2c3327e3_XXL.jpg)

Основная реакция в доменном процессе:



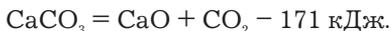
В домнах применяют дутье горячего воздуха (1000 – 1200°C), обогащенного кислородом. Воздух реагирует с углеродом (коксом), образуя CO и CO₂.



При этом выделяется такое количество тепла, что в нижней части домны развивается температура более 1500°C. Под действием этой температуры плавится полученное железо и шлаки, происходит дополнительное образование восстановителя CO по эндотермической реакции:



а также разлагается известняк:



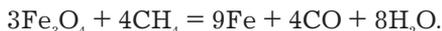
Образующийся углекислый газ идет на получение CO по реакции с углеродом, а оксид кальция реагирует с тугоплавким оксидом кремния, превращая его в легкоплавкий шлак:



Шлак плавает на поверхности расплавленного металла, защищая

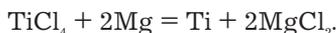
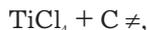
его от окисления поступающим воздухом.

Доменный процесс и по сей день – самый массовый в производстве железа. Однако ему есть альтернатива – получение железа методом **прямого восстановления**. В качестве восстановителя используется природный газ, основной компонент которого – метан:

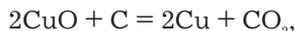


Большую часть чугуна, получаемого в доменном процессе, и окатышей, производимых прямым восстановлением, далее превращают в стали – железные сплавы с разными свойствами.

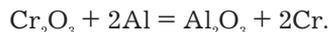
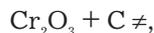
Почему иногда приходится использовать более дорогие восстановители, чем уголь, и менее удобные, чем газообразные CO и CH₄? Во-первых, потому что не все руды окисидные, а для восстановления хлоридов углеродсодержащие восстановители не подходят (в результате реакции должен получаться CCl₄ – далеко не такое энергетически выгодное вещество, как CO₂):



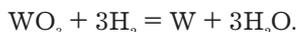
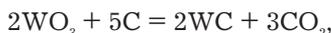
Во-вторых, потому что углеродсодержащим восстановителям не хватает энергии, чтобы разрушить кристаллические решетки прочных оксидов:



но



И в-третьих, потому что некоторые металлы образуют с углеродом прочные карбиды, от которых потом не избавиться:



Гидрометаллургия

Восстановление не обязательно проводить при высокой температуре. Более активный металл может быть восстановителем и в водном растворе. Всем известный опыт, когда железный гвоздь помещают в раствор сульфата меди, железо вытесняет медь из соли, и гвоздь розовеет – типичный пример гидрометаллургического процесса. Только получается в нем не железо, а медь.

Какие восстановители подходят для вытеснения железа из раствора его соли? Это металлы, стоящие левее его в ряду активности, или в электрохимическом ряду напряжений металлов. Но не все! Натрий, безусловно, более сильный восстановитель, чем железо, и стоит в ряду активности гораздо левее, но в растворе он первым делом будет взаимодействовать с водой, а получившаяся щелочь осадит гидроксид железа. Т. е. железо мы при этом не получим. Восстановитель не должен реагировать с водой. Если учесть это, подходящих металлов становится не так много: марганец, хром, цинк.

Но для гидрометаллургии соединение металла должно находиться в растворе. Мы извлекали соединения железа из твердых проб азотной кислотой. Казалось бы, можно использовать эти растворы... Стоп! В этих растворах цинк будет реагировать в первую очередь с HNO_3 . Надо нейтрализовать избыток кислоты. До какого момента? В нейтральной среде (рН 7) уже начинает выпадать гидроксид железа. Нам нужен рН около 3 (примерно такая среда получается, если растворить в воде чистую соль железа (III)).

Азотнокислые растворы Fe^{3+} желтые. При добавлении щелочи раствор постепенно меняет цвет на более оранжевый. Лучше всего делать это на магнитной мешалке, вна-

чале добавляя твердую щелочь, а когда изменение цвета станет заметным – приливать небольшими порциями раствор щелочи. Контролируем рН либо универсальной индикаторной бумагой, периодически нанося на нее капельки раствора стеклянной палочкой, либо с помощью рН-метра (его можно закрепить в штативе).

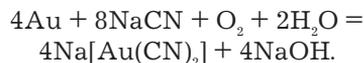


Нейтрализация раствора пробы (стакан с раствором стоит на магнитной мешалке, слева – чашка Петри с индикаторными бумажками)

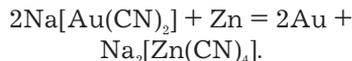
Если вы собирались добывать железо из сконцентрированных проб воды, нейтрализацию проводить не нужно.

Теперь помещаем в стакан с раствором несколько гранул цинка и оставляем надолго (например, до завтра). На следующий день вы заметите, что гранулы похудели (цинк частично растворился) и сверху покрылись черным (это и есть железо). Можно аккуратно обмыть их дистиллированной водой от остатков раствора, поместить на минуту в раствор азотной кислоты и доказать присутствие железа в виде Fe^{3+} .

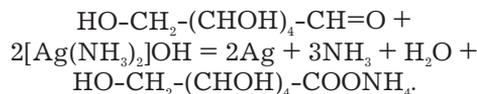
В промышленности так железо не получают (мы уже выяснили, как это делают). Препятствие главным образом в том, что все возможные металлы-восстановители дороже железа, да и перевод руды в раствор требует дополнительных реагентов. Однако гидрометаллургические процессы используют для получения золота и серебра. Несмотря на то, что эти металлы часто встречаются в самородном виде, отделить их от пустой породы – специальная задача. Золото раньше отделяли от песка и измельченной кварцевой породы промыванием водой, которая уносит более легкие частицы песка. Но это довольно муторный процесс. Сейчас чаще используют промывание раствором цианида натрия, избирательно растворяющим извлекаемый компонент:



Затем комплексное соединение золота или серебра восстанавливают цинком:



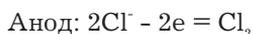
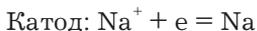
Гидрометаллургические методы применяют также для нанесения тонких металлических покрытий, например, для меднения или серебрения поверхностей. Известная вам «реакция серебряного зеркала» используется, в частности, для серебрения елочных игрушек. Восстановителем в ней является глюкоза:



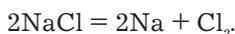
Электролиз

Многие металлы получают электролизом растворов или расплавов их соединений. **Электролиз** – это окислительно-восстановительный процесс, протекающий при пропускании электрического тока через раствор или расплав электролита. На катоде происходит восстановление компонентов системы, на аноде – окисление.

Например, электролизом расплава NaCl получают натрий. На катоде восстанавливаются катионы натрия, на аноде окисляются хлорид-анионы:



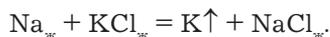
Суммарный процесс:



Где берут сырье? Хлорид натрия широко распространен и дешев, его добывают в море, в соленых озерах. Но сам натрий дорог. Почему? Потому что электролиз – вообще дорогое

удовольствие, а особенно электролиз расплава. Ведь чтобы расплавить NaCl ($T_{\text{пл}} 801^\circ\text{C}$), надо затратить много энергии. Но альтернатив нет. Гидрометаллургические методы использовать невозможно из-за взаимодействия натрия с водой, пирометаллургию же – из-за того, что натрий нереально восстановить чем-то из прочного NaCl, а оксид Na_2O получить дороже, чем сам натрий.

Калий получают из хлорида калия. Но не электролизом! Почему? Хлорид калия легче плавится ($T_{\text{пл}} \text{KCl } 776^\circ\text{C}$), т. е. теоретически калий даже легче получить электролизом расплава, чем натрий. Однако есть другой способ – вытеснение калия натрием из расплава:

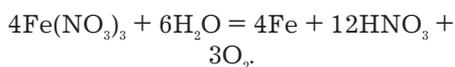


Реакция идет за счет того, что выделяется газ (кстати, пары калия зеленого цвета). Температура процесса подбирается так, что все компоненты, кроме калия, находятся в

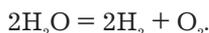
расплаве ($T_{\text{кип}} \text{ Na } 883^\circ\text{C}$, $T_{\text{кип}} \text{ K } 770^\circ\text{C}$). Подобным же способом получают рубидий и цезий.

К чему мы ведем? К тому, что электрометаллургические методы применяют тогда, когда нет другого выхода.

Можно ли получить железо электролизом? Можно, и для этого даже не требуется расплав. Железо не реагирует с водой при обычных условиях, поэтому восстанавливается электрическим током из водного раствора:



Правда, с невысоким выходом: параллельно на катоде восстанавливается вода и выделяется водород:



Этот процесс можно провести в домашних условиях. Электролитической ванной может служить низкий стакан или чашка Петри, в качестве электродов используем два графитовых стержня, электроды подсоединяем проводами к источнику тока. В качестве последнего можно взять батарейку на 3 – 5 В или блок питания от сети с реостатом. Когда мы погружаем электроды в раствор нитрата железа, на них начинают выделяться пузырьки газа: водород на катоде, кислород на аноде. На катоде также отлагается железо, но мы этого не видим: ведь оно такое же черное, как материал катода. Его образование можно доказать после окончания процесса способом, аналогичным примененному для реакции цинка с раствором соединений железа.

Получают ли железо электролизом в промышленности? Конечно, нет. Даже гидрометаллургические методы получения железа дороги, что уж говорить об электрометаллургических. А вот алюминий – тоже очень важный для цивилизации металл – получают только электроли-

зом расплава. Причины этого те же, что мы разбирали, обсуждая производство натрия. Но производство алюминия гораздо более масштабное, и есть способы его удешевить.

Долгое время алюминий считался драгоценным металлом, несмотря на то что это самый распространенный металл в земной коре, и его соединения валяются буквально под ногами. Проблема была в том, что извлечь алюминий из соединений крайне сложно. Гидрометаллургические методы не подходят: основной минерал алюминия Al_2O_3 ни в чем не растворяется, а если бы и растворился, как выделить из раствора алюминий, который, будучи не покрытым защитной пленкой оксида, реагирует с водой? Пирометаллургия тоже бессильна: нет такого восстановителя, будь то водород или металл, чтобы эффективно разрушить прочнейшую кристаллическую решетку Al_2O_3 .

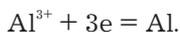
Перелом наступил в 1886 г., когда Чарльз Мартин Холл и Поль Луи Туссен Эру независимо предложили получать алюминий электролизом расплава Al_2O_3 . После внедрения этого способа стоимость алюминия упала более чем в 3600 раз.

На самом деле оксид алюминия, имея, как мы неоднократно подчеркивали, крайне устойчивую кристаллическую решетку, плавится при очень высокой температуре ($\sim 2050^\circ\text{C}$), поэтому получить его расплав затруднительно. Кроме того, оксид алюминия – очень слабый электролит и плохо проводит электрический ток. Если бы Холл и Эру на этом остановились, алюминий не стал бы таким дешевым. Они предложили хитрость: подвергать электролизу 4%-ный раствор Al_2O_3 в расплавленном криолите $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ с добавками фторидов натрия и кальция. Эта смесь имеет гораздо более низкую температуру плавления (около 960°C) и хорошо проводит ток.

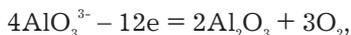
Диссоциация оксида алюминия происходит по схеме:



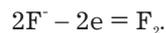
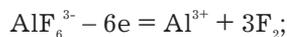
В расплаве присутствуют несколько типов катионов (Al^{3+} , Na^+ , Ca^{2+}). Поскольку алюминий – менее активный металл по сравнению с натрием и кальцием, то катион Al^{3+} восстанавливается легче. Напряжение электролиза (4 – 5 В) подобрано так, чтобы восстанавливался только алюминий. Катодный процесс:



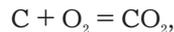
Из присутствующих в расплаве анионов легче окисляется AlO_3^{3-} :



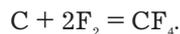
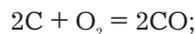
но в условиях электролиза не исключается окисление и других анионов (побочные анодные процессы):



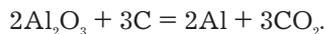
Аноды представляют собой композит на основе угля (не графит! графит – весьма хрупкий материал). При выделении на угольном аноде таких агрессивных газов, как кислород и фтор, анод окисляется. Основная реакция:



побочные реакции:



Таким образом, к электрохимическим процессам добавляется окисление анода, и суммарный основной процесс выглядит так:



Электролизный цех на алюминиевом заводе в Красноярске (bse.sci-lib.com)

Качеству продукции металлургии издавна придавалось большое значение. В старину оружейник, сдавая стальную кольчугу, надевал ее на себя, а заказчик наносил по

кольчуге несколько ударов кинжалом. Если оружейник выпускал брак, то получать плату за изделие было уже некому. Такой вот «естественный отбор» мастеров!

Биология



Мартынова Анна Леонидовна

*Ученица 8 класса Гимназии № 1 имени
Н.Т. Антошкина г. Кумертау Республики
Башкортостан.*

*Научный руководитель – заведующий сектором
ихтиологии, ведущий научный сотрудник Научно-
исследовательского Зоологического музея МГУ
имени М.В. Ломоносова, доктор биологических наук
Екатерина Денисовна Васильева*

Премудрости с пескарями

Можно ли сейчас, когда вроде бы все изучено, открыть новый вид? Оказывается, что до окончательной ясности в систематике биологических видов далеко. В статье рассказывается об исследовании, которое, возможно, обогатит знания человечества о видовом разнообразии пескарей.

Проблемы систематики пескарей

Пескари (род *Gobio* и др.) – одни из наиболее многочисленных и часто встречаемых в реках видов рыб, хорошо известных и легко узнаваемых, принадлежат к семейству карповых (Cyprinidae). Пескари редко достигают в длину 20 см. Они чаще встречаются в речных биотопах с песчаным, песчано-каменистым и галечниковым грунтом с хорошо выраженным течением. В течение всей жизни пескари держатся большими стаями. Пескари являются одним из важных звеньев трофической цепи: потребляя донные и придонные организмы, они сами служат объектом питания крупных хищных рыб. Кроме того, они очень чувствительны к качеству воды в водоеме. Пескарь – непромысловый вид, но является объектом любительского лова.

В XX веке в систематике рода *Gobio* преобладала точка зрения, изложенная в классических трудах Л.С. Берга [1]. Среди 10 видов этого рода особенно выделяется пескарь обыкновенный *Gobio gobio* своим широким ареалом, от Пиренейского полуострова до Дальнего Востока, и чрезвычайным полиморфизмом. Л.С. Берг выделил внутри этого вида 10 подвидов, а кроме того, нации и морфы на основе таких признаков, как наличие чешуи на горле, длина усиков, длина рыла и положение анального отверстия [1, с. 641 – 642]. В конце XX века различные авторы выделяли до 20 подвидов [2, 3].

С начала XXI века в систематике пескарей происходят значительные изменения. В результате ревизий многие подвиды *G. gobio* получили

статус отдельных видов [4 – 6], например, обитающий в бассейнах Оби и Енисея *Gobio sibiricus* [6, 7]. Кроме того, были описаны новые виды [4, 8 – 11], например, *Gobio kubanikus* [10]. В настоящее время считается, что ареал *G. gobio* (в современном понимании этого вида) ограничен водоемами Европы в бассейнах Атлантического океана, Северного, Балтийского и Белого морей [7].

В 2007 году М. Коттела и Й. Фрейхоф высказали предположение о самостоятельном таксономическом статусе пескарей Каспийского бассейна [5]. Спустя год молекулярно-генетические исследования [11] показали, что пескари бассейна Волги представляют отдельный вид – пескарь волжский *Gobio volgensis*. Что касается пескарей бассейна Урала, до сих пор никто не проводил их специального изучения. И пока систематическое положение этих пескарей ос-

тается неясным, согласно принятым нормам, их следует обозначать как *Gobio* sp. (сокр. от лат. species – «вид»), то есть некий вид рода *Gobio*.

Таким образом, становится актуальным комплексное изучение пескарей бассейна Урала с возможностью установления их таксономического статуса. Первым шагом в этом направлении стала наша исследовательская работа «Морфологическая характеристика пескаря *Gobio* sp. из реки Большой Юшатырь, бассейн Урала», выполненная под руководством заведующей сектором ихтиологии Научно-исследовательского Зоологического музея МГУ имени М.В. Ломоносова, доктора биологических наук Екатерины Денисовны Васильевой. Мы поставили перед собой цель выявить морфологические особенности пескаря из реки Большой Юшатырь бассейна Урала.

Где и как собирали материал

Большой Юшатырь – река в Южном Предуралье, протекает по территории Республики Башкортостан и Оренбургской области, относится к бассейну реки Урал. Она берет начало на склонах возвышенности Общий Сырт, в 2 км к северу от села Маячный, впадает в реку Салмыш в 55 км от устья. Длина реки 92 км, площадь бассейна 3400 км². Все притоки Большого Юшатыря относятся к малым рекам и ручьям. Русло реки извилистое, в пойме встречаются старицы и небольшие пойменные озера. Ширина русла в нижнем течении 15 – 30 м, скорость течения до 0,3 м/с. В долине реки также расположены карстовые поля с провальными озерами и воронками. Питание реки преимущественно снеговое. Водный режим реки характеризуется весенним половодьем и низкой летней меженью.

Ихтиофауна реки включает следующие виды рыб: щука *Esox lucius*, окунь *Perca fluviatilis*, голавль *Squalius cephalus*, налим *Lota lota*, серебряный карась *Carassius gibelio*, красноперка *Scardinius erythrophthalmus*, обыкновенный ерш *Gymnocephalus cernuus*, пескарь *Gobio* sp, плотва *Rutilus rutilus*.

Отлов пескарей для исследования проводили в августе 2018 г. в нижнем течении реки у села Новокалтаево Куюргазинского района Республики Башкортостан. В качестве орудий лова использовалась сеть Киналева с площадью раскрытия 0,75 м² из безузловой дели с ячейей 5 мм. Всего было отловлено 36 экземпляров пескарей. Такое количество обеспечило репрезентативность выборки для морфологических исследований и статистического описания.

Составляем портрет пескаря

Традиционно, морфологическая характеристика состоит из трех частей. Первая часть – описание внешнего вида, куда входят окраска и форма различных частей тела, характер чешуйного покрова и другие качественные признаки, то есть то, что не поддается количественному описанию. Вторая часть – меристические признаки, то, что определяется простым подсчетом: количество чешуи в боковой линии, в вертикальных рядах, количество черных пятен вдоль боковой линии пескаря, а также количество жестких и мягких ветвистых лучей в плавниках, которые принято записывать в виде формулы [12, с. 43 – 44]. Формула плавника выглядит следующим образом, в начале — прописная латинская буква обозначающая плавник (*D* – спинной, *A* – анальный, *P* – грудной, *V* – брюшной, *C* – хвостовой), далее римскими цифрами обозначено количество жестких лучей,

а затем арабскими цифрами — количество мягких ветвистых лучей.

Третья, самая трудоемкая часть – пластические признаки, описание пропорций тела на основе измерений. Для этого с помощью штангенциркуля с точностью 0,1 мм проводили измерения различных частей тела по общепринятой схеме (рис. 1). Результаты измерений заносили в базу данных на языке программирования R, с помощью которого вычисляли пластические индексы – отношения размерных характеристик, выраженные в процентах. Выполнив по каждому индексу статистическую обработку [13, с. 14, 20], которая включает нахождение минимального и максимального значения, вычисление среднего арифметического и его ошибки, квадратичного отклонения и коэффициента вариации, мы получили описание пропорций тела среднестатистического пескаря.

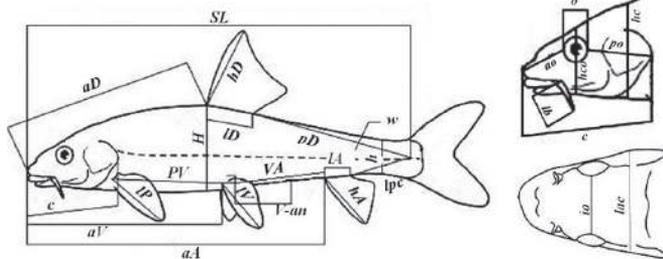


Рис. 1. Схема промеров пескарей [14, с изменениями]. Условные обозначения расшифрованы ниже по тексту



Рис. 2. Внешний вид пескаря из р. Большой Юшатырь (а), вид горла снизу (б)

Внешний вид. Тело пескаря вальковатое, хвостовой стебель удлиненный (рис. 2а). Нижняя часть брюха, от головы до анального отверстия, уплощенная. Горло и грудь впереди линии, соединяющей задние концы оснований грудных плавников без чешуи (рис. 2б). Рот нижний. Профиль рыла впереди ноздрей круто опускается вниз. Нижняя губа прервана посредине. Усики относительно короткие, редко доходят до середины глаз, у некоторых экземпляров не доходят до переднего края глаз. Тело выше боковой линии светло-бурого цвета, брюхо белое. Вдоль боковой линии проходит один ряд округлых, изредка соединяющихся друг с другом, черных пятен. У отдельных особей пятна слабо выражены. На спинном и хвостовом плавниках черные пестринки. Грудные плавники имеют слабый оранжевый оттенок.

Меристические признаки. Количество лучей в плавниках (формулы плавников): $D \text{ II} - \text{III } 7, A \text{ II } 6 - 7, V \text{ I } 7 - 8, P \text{ I } 15 - 16$. Количество чешуй в боковой линии 41 – 43. Между основанием спинного плавника и боковой линией $6\frac{1}{2}$ рядов чешуи, между боковой линией и основанием брюшных плавников – $3\frac{1}{2}$. Количество черных пятен вдоль боковой линии от 8 до 13, чаще 10.

Пластические признаки. Стандартная длина тела пескаря (SL на рис. 1) в среднем 80 мм. Высота тела (H) составляет 18,4 % стандартной длины, что немного больше длины хвостового стебля (lpc). Высота тела (H) превосходит высоту хвостового стебля (lpc) в 1,8 – 3,0 раз, в среднем

в 2,35. Хвостовой стебель (lpc) составляет 17,5 % стандартной длины тела (SL). Он немного сжат с боков – толщина тела у последнего луча анального плавника (w) составляет 90,2 % наименьшей высоты хвостового стебля (h).

Антедорсальное расстояние (aD) больше постдорсального (pD). Основание спинного плавника (ID) в 1,2 – 2,0 раза меньше его высоты (hD), в среднем в 1,54 раза. Анальный плавник более вытянут, его основание (IA) в 1,4 – 2,9 раза меньше высоты (hA), в среднем в 1,97 раза. Края спинного и анального плавника незначительно выемчатые. Парные плавники относительно короткие. Грудные плавники не достигают основания брюшных плавников, их длина (IP) составляет 68,0 % пекто-вентрального расстояния (PV). Брюшные плавники не доходят до основания анального плавника, их длина (IV) составляет 70,0 % вентроанального расстояния (VA). Анальное отверстие расположено ближе к основанию анального плавника, чем к основанию брюшных плавников ($v-An > 50 \% VA$). Брюшные плавники достигают анального отверстия ($IV > v-An$).

Голова (c) составляет 27,5 % от длины тела (SL). Глаз большой, его горизонтальный диаметр (o) составляет 25,4 % от длины головы (c) и превышает 71,6 % ширины лба (io), а в среднем составляет 93,4 % последней. Длина рыла (ao) больше заглазничного расстояния (po). Длина усиков (lb) составляет от 12,7 % до 29,8 % длины головы (c), в среднем 19,7 %.

Ищем особенности пескарей Большого Юшатыря

Чтобы выяснить, чем отличаются пескари реки Большой Юшатырь от других необходимо сравнить полученные нами морфологические характеристики с аналогичными из литера-

турных источников. Сравнение средних значений проводится с помощью t -критерия Стьюдента [13, с. 20 – 22]. Это позволяет с определенной вероятностью (не менее 95 %) утверждать,

что различия средних значений получены не случайным образом. Если достоверность различий подтверждена, то вычисляется коэффициент различий CD Майра [15, с. 217 – 218], который также называют таксономическим коэффициентом. Значения этого коэффициента показывают, насколько значимы различия с точки зрения диагностики видов (подвидов).

Мы сравнили относительную длину парных плавников пескарей реки Большой Юшатырь и пескарей из рек Мокша, Вятка и Москва, бассейна Волги [10]. Почти по всем признакам достоверность различий превышает необходимый уровень, однако величина различий не превышает формально подвидовой уровень ($CD < 1,28$).

Сравнение пескарей реки Большой Юшатырь и реки Суры [16] проводилось по 18 пластическим признакам, по 11 из них выявлены достоверные различия. По двум признакам, lpc/SL и pD/SL , величина различий превышает формально подвидовой уровень ($CD > 1,28$): значения коэффициента различий, соответственно 1,93 и 1,95. Отметим также, что по величине постдорсального расстояния распределения двух выборок не перекрываются (для рыб из реки Большой Юшатырь pD/SL 34,0 – 43,1 %, а для рыб из Суры 44,0 – 50,7 %). Таким образом, пескари из реки Большой Юшатырь отличаются от пескарей из реки Суры меньшей относительной длиной хвостового стебля (в среднем 17,5 % и 26,3 % длины тела, соответственно) и меньшей относительной величиной постдорсального расстояния (в среднем 38,9 % и 46,6 %, соответственно). Поэтому юшатырских пескарей можно назвать короткохвостыми по сравнению с пескарями реки Суры.

Бассейны Волги и Урала принадлежат к одному экорегиону, ха-

рактеризуются общей палеоисторией и прежними взаимосвязями между ними, а также общностью ихтиофауны [17]. Поэтому логично было предположить, что пескари *Gobio* sp. из бассейна Урала и *G. volgensis* из бассейна Волги имеют схожие морфологические характеристики, и это подтвердили наши исследования. Однако полученные нами достоверные различия по двум пластическим признакам свидетельствуют в пользу таксономической самостоятельности пескарей бассейна Урала.

На основе полученных результатов делать какие-либо таксономические выводы преждевременно. Представленная работа стала лишь началом комплексного морфологического исследования, затрагивающего выборки пескарей из различных притоков Урала, имеющих различные экологические характеристики. Летом 2019 года мы начали создание обширной базы данных о пескарях. На сегодняшний день она включает сведения по морфологии пескарей из рек Миндяк, Большой Кизил, Урал (в районе села Кизильское, Челябинской области), Сакмара, Большой Юшатырь и Большой Ик бассейна Урала, а также из рек Белая и Дема бассейна Волги и Уй бассейна Оби. После морфологических исследований все образцы размещаются в коллекции Зоологического музея МГУ. В этом году намечено продолжить формирование базы данных как за счет новых образцов, так и за счет обработки имеющихся образцов пескарей в зоологических музеях. Такая база данных позволит использовать для сравнения более мощные статистические методы, например, дискриминантный или кластерный анализ. Параллельно из каждой выборки пескарей отбирается материал для молекулярно-генетических исследований, которые позволят окончательно

но решить вопрос о видовой принадлежности пескарей бассейна Урала.

Автор благодарит научного руководителя, Екатерину Денисовну Васильеву, за подробные консультации, чуткое руководство и вдохновляющую поддержку, учи-

теля биологии Людмилу Геннадьевну Сергееву за помощь в практическом осуществлении работы, а также Леонида Евгеньевича Мартынова за организацию экспедиций и помощь в статистической обработке данных.

Литература

1. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 2. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С. 637 – 659.
2. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. / Под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 1998. С. 82.
3. Атлас пресноводных рыб России. В 2-х т. Т. 1. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. С. 249 – 253.
4. Naseka A.M., Erk'akan F., Küçük F. A description of two new species of the genus *Gobio* from Central Anatolia (Turkey) (Teleostei: Cyprinidae). // *Zoosystematica Rossica*, 2006. Vol. 15, № 1. P. 185 – 194.
5. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European Freshwater Fishes. – Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 2007. P. 85 – 108.
6. Froese R., Pauly D. World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org. (Eds.) 2018.
7. Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. Рыбы морей России: аннотированный каталог. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 733 с.
8. Doadrio I., Madeira M.J. A new species of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (Actynopterygii, Cyprinidae) from the Iberian Peninsula and southwestern France. // *Graellsia*, 2004. Vol. 60(1). P. 107 – 116.
9. Kottelat M., Persat H. The genus *Gobio* in France, with redescription of *G. gobio* and description of two new species (Teleostei: Cyprinidae). // *Cybium*, 2005. Vol. 29(3). P. 211 – 234.
10. Васильева Е.Д., Васильев В.П., Куга Т.И. К таксономии пескарей рода *Gobio* (Gobioninae, Cyprinidae) Европы: новый вид пескаря *Gobio kubanicus* sp. nova из бассейна реки Кубань. // *Вопросы ихтиологии*, 2004. Т. 44, № 6. С. 766 – 782.
11. Mendel J., Lusk S., Vasil'eva E.D., Vasil'ev V.P., Luskova V., Ekmekci F.G., Erk'akan F., Ruchin A., Koščo J., Vetešnik L., Halačka K., Šanda R., Pashkov A.N., Reshetnikov S.I. Molecular phylogeny of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (Teleostei: Cyprinidae) and its contribution to taxonomy. // *Molecular and Phylogenetic Evolution*, 2008. Vol. 47. P. 1061 – 1075.
12. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
13. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. Под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 150 с.
14. Nowak M., Mendel J., Szczerbik P., Klaczak A., Mikołajczyk T., Ozga K., Fałowska B., Popek W. Contributions to the morphological variation of the common gudgeon, *Gobio gobio* complex (Teleostei: Cyprinidae), in the upper Vistula drainage (southeast Poland) // *Archives Of Polish Fisheries*, 2011. Vol. 19. №1. P. 37–49.
15. Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир, 1971. – 454 с.
16. Ручин А.Б., Насека А.М. Морфологическая характеристика двух симпатрично обитающих пескарей из реки Суры (Мордовия). // *Вопросы ихтиологии*, 2003. Т. 43, № 3, С. 334 – 737.
17. FEOW: Freshwater Ecoregions of the World. World Wide Web electronic publication, www.feow.org (upd.) 2015.



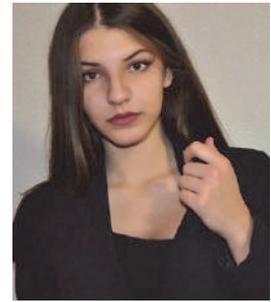
Медицина



Крицкая Екатерина Борисовна

к.х.н., с.н.с., педагог МУДО «Малая академия»

Осипенко Евгения Владимировна
*Учащаяся 11 класса МУДО «Малая академия»
 г. Краснодара*



Хочешь, погадаю?

Предугадать болезнь задолго до ее появления... Звучит, как обещание гадалки. Однако теперь это вполне под силу науке.

Сахарный диабет (СД) находится на седьмом месте в списке причин смертности в мире. Общее число больных в настоящее время составляет 230 миллионов человек, а к 2025 году оно может достигнуть 380 миллионов. Это чума XXI века – так назвали диабет эксперты ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения). Многие годы врачи и ученые всей планеты ищут способы борьбы с этим заболеванием.

И мы подключились к этому процессу. Какой образ возникает перед вами, если попросить представить человека, больного диабетом? Вероятнее всего, это будет

человек с нарушением веса, постоянно слабый и раздражительный, и вечно со шприцем инсулина. Проявление болезни на последних стадиях вызывает ужас. Вероятно, каждый из вас знает и об осложнениях, вызванных нарушением углеводного обмена. Среди них потеря зрения, нарушение слуха, заболевания сердца, инсульт, ампутация конечностей... Количество больных растёт даже среди детей и подростков. А в мире появляются социальные программы (рис. 1) и целые проекты, которые демонстрируют шокирующие последствия борьбы с СД.



Рис. 1. Социальная реклама «Sweet Kills»

Главный способ избежать катастрофы – возможность прогнозирования последствий. Так как же предсказать возникновение и развитие диабета? Легко!

Нужны ваши волосы.

Это не шутка, сдать волосы на анализ – новый, уникальный способ выявления предрасположенности к диабету ещё до его появления.

Учеными установлена связь между уровнем различных микроэлементов в организме и склонностью человека к ряду заболеваний. Так, недостаток хрома буквально «за-

ставляет» вас стать сладкоежкой. Все дело в том, что хром образует комплекс с инсулином. Даже если ваша поджелудочная железа пока работает нормально, а хрома в организме уже по каким-то причинам не хватает, глюкоза просто не сможет поступать в клетки тела. В результате – повышение уровня глюкозы в крови и диабет. Именно поэтому анализ на содержание хрома так важен. Если его концентрация близится к нижней границе нормы (0,05 – 0,5 мкг/г) – это повод для беспокойства.

Проводим анализ

Поиск хрома в крови человека производится сложным и очень точным методом атомной абсорбции. Но везде ли он хорош на самом деле? Мы попытались модернизировать методику, сделав ее в разы дешевле, а значит, доступнее. Пробы мы предлагаем отбирать безболезненным способом – неинвазивным (без проникновения в тело человека).

Почему волосы? Волосы – не только достояние красивой девушки

или brutального парня, это и самое надежное хранилище информации о состоянии вашего здоровья. Содержание химических веществ в крови меняется в зависимости от того, что вы съели за день до эксперимента, а в волосах, на счастье, такой резкой зависимости нет.

Вам представляется возможность заглянуть в виртуальную лабораторию. Все, что требуется со стороны пациента – срезать пару

граммов волос с затылочной части головы и предоставить их на анализ. В лаборатории волосы промываются моющим средством, ополаскиваются бидистиллированной водой и высушиваются. Главная проблема, с которой мы столкнулись – выбор метода перевода волос в состояние раствора. Для большинства твердых объектов используют разложение сильными неорганическими окислителями. Однако, если поместить пробу в концентрированную азотную кислоту, вероятность вызвать недовольство присутствующих в лаборатории, надыхаться парами NO_2 и сжечь стол, возрастает. Если, конечно, работать без вытяжного шкафа, как самонадеянные балбесы. Нас такая перспектива не привлекла. Мы выбрали другой способ – термическое озоление при $450 - 500^\circ\text{C}$ в муфельной печи. Но этот

процесс не позволил перевести волосы в состояние порошка. Пришлось использовать комбинированный метод, включающий дополнительно воздействие смеси окислителей, необходимых для полного растворения биопробы (объемное соотношение конц. $\text{HNO}_3 : 30\% \text{H}_2\text{O}_2 = 3 : 1$). Весь процесс полного озоления и перевода остатка в растворимую форму занял 24 часа.

Главную работу по определению концентрации хрома в волосах человека сделал более дешевый, нежели атомно-абсорбционный спектрометр, но не менее точный фотоэлектроколориметр. Результаты оправдали себя. Все полученные данные действительно оказались в пределах нормы ПДК (предельно допустимых концентраций) и даже отразили предполагаемую зависимость от генетической предрасположенности пациента к СД.

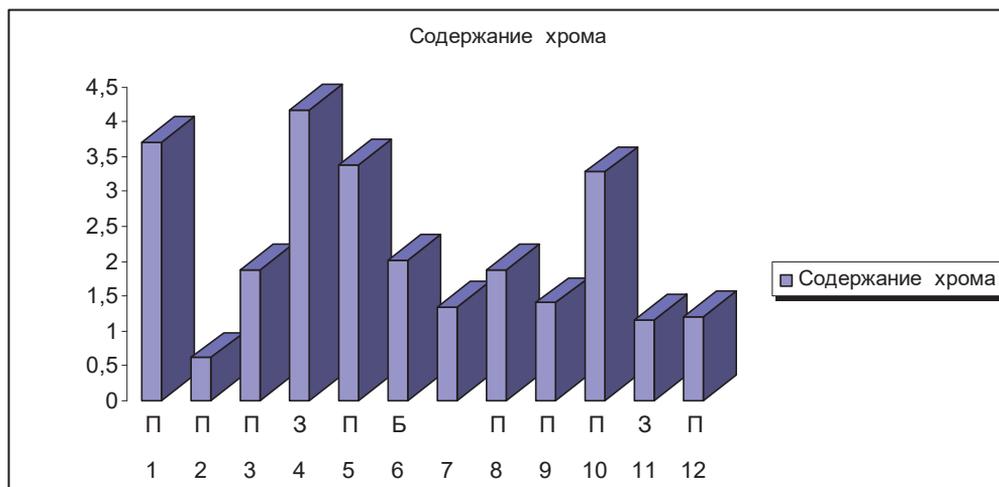


Рис. 2. Корреляция содержания хрома в волосах с предрасположенностью испытуемых к заболеванию

Буквы «П», «З», «Б» на рис. 2 обозначают «предрасположен», «здоров» и «болен». Нам удалось обследовать 12 человек. Среди них юноши, девушки и взрослые мужчины. На анализ отбирали неокрашенные волосы,

исследование проводили на фотоэлектроколориметре модели, распространенной во всех медицинских учреждениях (например, КФК-3-01).

Мы совместили гостовскую методику определения хрома в воде фото-

колориметрическим способом с атомно-абсорбционным методом изучения

микроэлемента в волосах человека и уточнили способ озоления волос.

Сколько стоит анализ?

По расчетам для одного анализа требуется:

1) концентрированная азотная кислота: стоимость 204 руб. за литр, количество 0,015 л, итого 3 руб.

2) перекись водорода: стоимость 264 руб. за 1 кг, количество 0,005 кг, итого 1,5 руб.

3) 1,5-Дифенилкарбазид: стоимость 410 руб. за 10 г, количество 0,001 г, итого 0,4 руб.

4) потребление электроэнергии муфельной печью: $3 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 6 \text{ ч} = 18 \text{ кВт}$, стоимость 4,8 руб. за кВт, итого 86,4 руб.

5) затраченная мощность сушильного шкафа: $500 \text{ Вт} \cdot 4 \text{ ч} = 2 \text{ кВт}$, стоимость 4,8 руб. за кВт, итого 9,6 руб.

6) зарплата лаборанта за два часа работы над пробой: 200 руб.

Таким образом, себестоимость анализа составляет примерно 300 рублей за одно определение. Для сравнения: анализ на содержание хрома в волосах атомной абсорбцией в «Европейских лабораториях» по стране составляет в среднем 1300 рублей.

Новая методика может сделать анализ более доступным для бюджетных лабораторий.

Вот так просто? Да, оказывается, что разработать новый метод диагностирования заболевания не всегда сложно. А позаботиться о своем здоровье и того легче. Мы надеемся, что после сертификации методики ее можно будет рекомендовать во все районные поликлиники. И, если вы фанат сладостей, послушайте грамотных врачей и не поленитесь донести свои волосы на анализ в лабораторию.

Литература

1. А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш и др. Микроэлементы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 196 с.
2. Сахарный диабет. Доклад исследовательской группы ВОЗ о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире. Серия технических докладов: пер. с англ. – Москва, 2013.
3. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, Т.С. Уланова. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах: руководство. / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 520 с.
4. И.С. Полянская. Нано-, микро-, милли- и макроэлементы в функциональных продуктах. Технологии и продукты здорового питания. // Матер. междунар. конференции. – М.: МГУПП, 2005. – С. 175.
5. А.В. Скальный. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 216 с.
6. Т.Н. Литвинова, Н.К. Выскубова, Л.В. Ненашева. Биогенные элементы. Комплексные соединения. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 283 с.
7. Ш.Т. Исмаилова, Д.И. Махмудова, К.Ш. Салихова. Сравнительный анализ содержания токсичных металлов в волосах и других биосубстратах человека. // Микроэлементы в медицине. – 2009. – Т. 10, № 1–2. – С. 88.
8. Ю.А. Карпов, А.П. Савостин. Методы пробоотбора и пробоподготовки. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 250 с.
9. А.В. Скальный, А.Р. Грабеклис, В.А. Демидов и др. Связь элементного статуса населения центрального федерального округа с заболеваемостью. Часть 2. Эс-

сенциальные и условно эссенциальные химические элементы. // Микроэлементы в медицине. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 1.

10. М. Отто. Современные методы аналитической химии: в 2 т. / под ред. А.В. Гармаша. – М.: Техносфера, 2004.

11. ПНД Ф 1.31.2007.03911 Биообъекты (волосы, ткани). Инверсионно-вольтамперометрический метод измерения массовых концентраций хрома. – НИИ микробиологии Томского политехнического университета. – 2007. – 15 с.

12. Определение содержания цинка, никеля, меди и хрома в крови методом атомной абсорбции. Методические указания. МУК 4.1.777-99 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.07.1999).

13. А.В. Скальный. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО центр биотической медицины). // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4, вып. 1. – С. 55.

14. О.И. Орлова, Е.И. Савельева, А.С. Радилов и др. Применение биомониторинга для оценки характера и тяжести воздействия химического фактора. // Медицина труда и промышленная экология. – 2010. – № 12. – С. 28.

15. ГОСТ 31956-2012. Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома. – М., 2012. – 19 с.

16. Л.В. Афанасенко. Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. – М.: Стандартиформ, 2012 – 63 с.

17. Химическая энциклопедия. Том 5. Издательство Советская энциклопедия. – М., 1988 г. – 625 с.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Серебро

*Или ты или я, уж такая игра,
Или свет или звук, или звук или яд,
Поднимите им веки, пусть видят они,
Как бывает, когда слишком много в крови
Серебра!!!...*

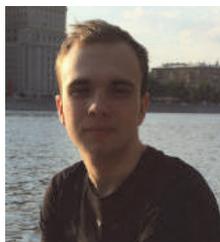
Группа Пикник, песня «Серебра!»

Серебро – благородный металл, известный человечеству с древних времен, поскольку встречается в природе в самородном виде. Древние приписывали серебру мистические свойства, считали его божественным металлом, способ отпугивать нечисть: вампиров, оборотней, злых духов. Со временем люди находили серебру все новые способы применения: из него делали посуду и чеканили монеты, им дезинфицировали воду, его использовали в качестве материала для украшений. И сейчас этот металл необходим человечеству во многих областях жизни. Серебро используют для изготовления припоев и проводов (серебро обладает наибольшей электропроводностью из всех металлов при н. у.), зеркал (у него очень высокая отражающая способность), из него делают украшения (часто с родиевым покрытием: серебро чернеет на воздухе из-за образования сульфида) и памятные монеты. Его соединения раньше применялись для фотографии из-за светочувствительности и применяются сейчас в медицине, поскольку ионы серебра обладают бактерицидными свойствами. Ну и, конечно, им отпугивает вампиров. А как иначе?

Дмитрий О.



Олимпиады



Марков Михаил Александрович

Курактор 10 класса Московской городской олимпиады по химии. Учитель математики и химии в ГБОУ «Школа № 218». Аспирант 2 года факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, старший по проверке турнира Ломоносова по математике, проверяющий турнира Ломоносова по химии

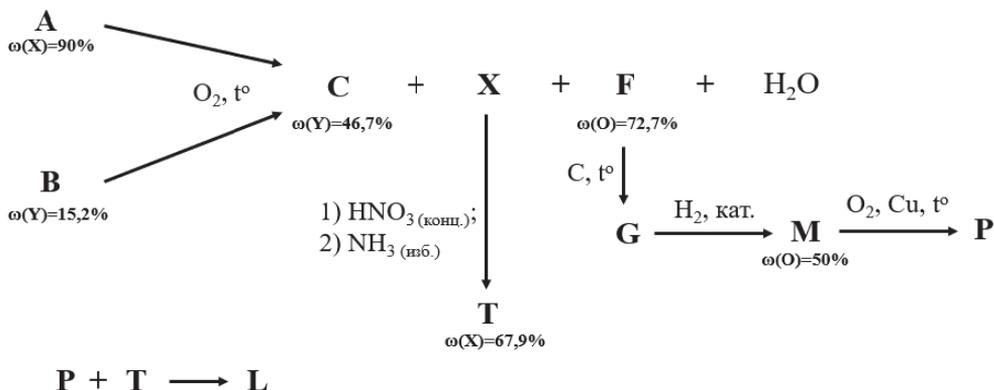
Задания LXXVI Московской городской олимпиады школьников по химии 2020 г. (10 класс)

И вновь мы проводим разбор олимпиадных задач. На сей раз это задания Московской олимпиады школьников по химии для 10 класса. При обучении в 10 классе упор делается на органическую химию, но неорганику забывать не стоит: в комплекте «мосгора» традиционно поддерживается разумный баланс между разными областями химии.

Задача 1 (Автор – Данилов М.Р.)

Имеется смесь двух веществ **A** и **B**, в молекулах которых содержится одна тройная связь, с массовыми долями металлов $\omega(\text{X}) = 90\%$ и $\omega(\text{Y}) = 15,2\%$ соответственно. После сжигания данных веществ (реакции 1, 2) были получены оксид **C** металла **Y** с массовой долей металла, равной 46,7%, металл **X** серебристо-белого цвета, оксид **F** с $\omega(\text{O}) = 72,7\%$ и вода, которую сразу же отвели из реакционной смеси. Далее оксид **F** был нагрет в присутствии угля до получения вещества **G** (реакция 3), при действии на которое H_2 и нагревании с катализатором можно получить вещество **M** с $\omega(\text{O}) = 50\%$ (реакция

4). При добавлении к **M** O_2 в присутствии меди и нагревании получается вещество **P** (реакция 5), используемое в промышленности. Металл **X** реагирует с HNO_3 (конц.), последующая обработка продукта раствором аммиака приводит к веществу **T** с $\omega(\text{X}) = 67,9\%$ (реакции 6, 7). Вещество **T** взаимодействует с **P** с образованием соли кислоты **L** (реакция 8). Определите вещества **A**, **B**, **C**, **F**, **G**, **M**, **P**, **T**, **L** а также металлы **X** и **Y**. Напишите уравнения всех приведенных реакций. Укажите по одному применению веществ **M** и **P** в промышленности. Рассуждения подтвердите расчетами.



Решение:

Производя стандартный расчет для состава оксидов, получаем: оксид **C** – Li_2O , **F** – CO_2 . Металл **X** не окисляется до оксида, а значит, скорее всего, это Ag .

Участникам олимпиады важно помнить, что для того, чтобы получить полный балл за задачу, нужно обязательно доказывать расчетом состав любого соединения, в противном случае задача считается нерешенной. Эталоном решения задач на составление формул оксидов является полный перебор всех вариантов. Только в этом случае возможно более-менее строго обосновать свой выбор. Например, для оксида **F**: предположим, что степень окисления второго элемента равна $+n$, тогда **F** имеет состав $\text{Э}_2\text{O}_n$. Если n четное, то соответствующие индексы сократим на 2.

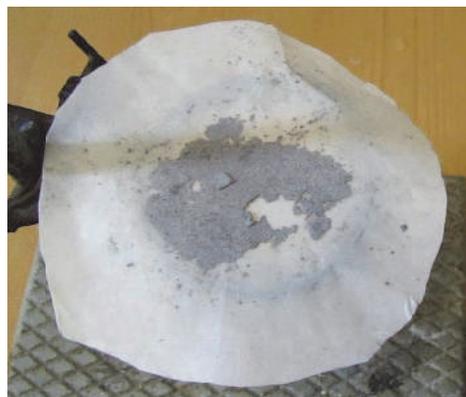
$$M(\text{F}) = 16 \cdot n / 0,727 = 22 \cdot n.$$

Если $n = 1$, то $M = 22 \text{ г/моль}$, а $M(\text{Э}) = 3 \text{ г/моль}$, что может соответствовать тритию, но это маловероятно. Если $n = 2$, то $M = 44 \text{ г/моль}$, тогда $M(\text{Э}) = 6 \text{ г/моль}$, что ничему не соответствует. Дальнейший перебор (участнику необходимо привести его в решении!) приводит нас к тому, что $n = 4$, $M(\text{Э}) = 12 \text{ г/моль}$, что соответствует углероду. То есть оксид имеет формулу CO_2 .

Допускается «угадать» соединение и проверить его по данному процентному соотношению в задаче. Указание же на соединение без подтверждения расчетом влечет за собой выставление минимума баллов.

A и **B** содержат, вероятно, углерод, серебро и литий, причем **A** содержит серебро (массовая доля металла больше 90 % явно намекает на серебро), а **B** – литий (там как раз массовая доля мала: около 15 %). По расчету подходит **A** – Ag_2C_2 , **B** – CH_3CClLi .

Разумеется, задача по химии – это не задача по математике, поэтому некоторые допущения приходится принимать, если их невозможно обосновать математически.



Ацетиленид серебра
https://ingeneryi.info/uploads/posts/2017-03/1488478619_09347565478.jpg



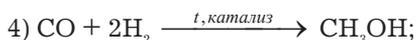
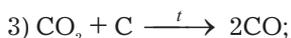
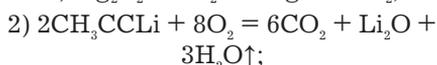
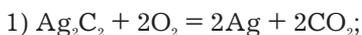
Соединение **G** – CO.

M – CH₃OH (важно помнить, что синтез-газ является предшественником разных органических продуктов, поэтому расчет в этой задаче критически важен! Просто написать реакцию недостаточно!)

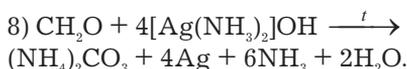
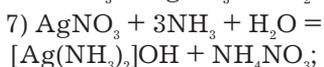
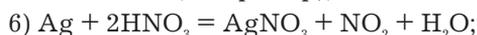
P – CH₂O, **T** – [Ag(NH₃)₂]OH.

L – (NH₄)₂CO₃. При определении соединения **L** участники допускали самую частую ошибку – вместо карбоната они писали формиат аммония, что неверно. Очевидно, что атом углерода в формиат-ионе является еще более активным с точки зрения его дальнейшего окисления, чем в формальдегиде, значит, в качестве промежуточного продукта формиат получиться не может. Осложнило задачу то, что для соединения **L** не было приведено никаких численных значений.

Реакции:



5) $2\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, \text{Cu}} 2\text{CH}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ (допускаются и другие реакции – с оксидом меди, например);



Задача 2 (Автор – Марков М.А.)

Красно-коричневое бинарное соединение **A** содержит элемент **X**, который проявляет в соединениях только одну степень окисления, отличную от нуля (массовая доля **X** составляет 32,53%). Данное соединение можно получить взаимодействием благородного металла **M** с весьма сильным окислителем **B** (массовая доля **X** – 31,2%) (реакция 1), который

Последняя реакция вызвала целый спектр сложностей. Даже те, кто верно определил карбонат аммония, не смогли правильно её записать и уравнивать, что плохо, поскольку на ЕГЭ эта реакция встречается в полном виде.

M применяется для увеличения октанового числа бензина, в лакокрасочной промышленности, для производства формальдегида и т.д., **P** – для производства фенолформальдегидных смол и др.

Критерии:

Определение **A**, **B**, **C**, **F**, **G**, **M**, **P**, **T**, **L** а также металлов **X** и **Y** – по 1 баллу (всего 11 баллов). При отсутствии расчета там, где есть необходимость подтвердить ответ – балл не ставится, за исключением соединений **M** и **T**.

8 реакций – по 1 баллу (без коэффициентов – 0,5 балла, всего 8 баллов).

Применение **M** и **P** – по 0,5 балла (всего 1 балл).

Итого: 20 баллов.

Данная задача очень хорошо подходит для первой позиции в комплексе. Она несложная, но при этом весьма насыщенная, охватывает знания как по органической, так и по неорганической химии. Более того, участникам не сразу может быть понятно, что тут вообще идет речь про органическую химию. Единственным намеком при первом прочтении является наличие тройной связи.

получается при взаимодействии соответствующих простых веществ в особых условиях (реакция 2). При нагревании **B** разлагается, причем при разложении выделяется два газа **B** и **G** (реакция 3). Газ **B** химически инертен и может быть использован в анестезиологии по аналогии с ксеноном. **B** является настолько сильным окислителем, что окисляет воду (ре-



акция 4), а органические вещества разрушает полностью (реакция 5).

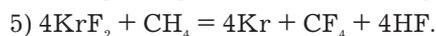
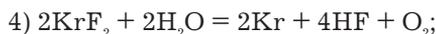
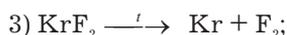
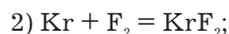
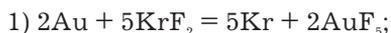
Определите элемент **X**, металл **M**, а также соединения **A – Г**. Напишите уравнения всех указанных реакций. В качестве примера, иллюстрирующего взаимодействие вещества **B** с органическими соединениями, напишите реакцию **B** с метаном. В каких условиях образуется соединение **B**?

Решение:

Скорее всего, **X** – это фтор, что следует из этого, что данный элемент проявляет ровно одну степень окисления, отличную от нуля. Есть и другие кандидаты, но, судя по всему, речь в задаче идет про инертные газы, а значит, фтор (как один из немногих элементов, который образует с ними соединения) нам подходит. В любом случае, если наше предположение окажется неправильным – мы это узнаем в ходе дальнейших расчетов.

A можно найти расчетом (с учетом нашего предположения про фтор) – AuF_3 . **B** по расчету – KrF_2 , тогда **B** – Kr, **Г** – F_2 . Таким образом, предположение оказалось верным.

Реакции:



KrF_2 может быть получен либо в условиях активации электрическим зарядом, либо нагреванием, либо фотохимическим методом.

Критерии:

Элемент **X** – 1 балл.

Вещества **A** и **B** – по 3 балла (без расчета – по 0,5 балла, всего 6 баллов).

Вещества **B** и **Г** – по 1 баллу (всего 2 балла).

5 реакций – по 2 балла (без коэффициентов – по 1 баллу, всего 10 баллов).

Получение **B** – 1 балл.

Итого: 20 баллов.

Кроме расчетных данных, в задаче было дано несколько подсказок. Например, использование газа **B** в качестве средства для наркоза и его инертность, окислительная способность газа **B**. Таким образом, эта задача сама по себе сложнее, чем первая, но не критически. Очень много участников получили за нее максимальный балл.

Задача 3 (Автор – Марков М.А.)

При восстановительном озонолитизе с цинком ациклического углеводорода **X** с запахом базилика, молекулы которого не содержат тройных связей, были получены три органических соединения **A**, **B**, **B** с неразветвленным углеродным скелетом. При этом из 1 моль **X** можно получить 1 моль **A**, 1 моль **B** и 2 моля **B**. Соединение **B** содержит только один атом кислорода, а массовая доля кислорода в нем равна 53,33 %. Массовые доли кислорода в соединениях **A** и **B** соответственно равны 32 % и 44,44 %. Известно, что соединения **A** и **B** всту-

пают в галоформную реакцию с образованием иодоформа (причем 1 моль **A** и **B** дают по 1 моль иодоформа), а также в реакцию серебряного зеркала. Если полностью восстановить углеводород **X**, то получится разветвленный алкан **Y**, у которого между двумя третичными атомами углерода содержится еще три атома углерода. Определите соединения **A – B**, а также углеводороды **X** и **Y**. Назовите все вещества по номенклатуре IUPAC. Напишите реакцию серебряного зеркала с веществом **B**, а также галоформную реакцию с веществом **A**.

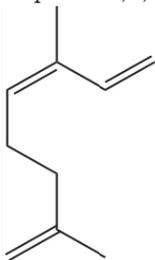
**Решение:**

При восстановительном озонолитизе углеводородов образуются альдегиды и кетоны. По расчету и потому, что **В** содержит 1 атом кислорода, это формальдегид. **А** и **Б** содержат по 2 атома кислорода (их углеродные скелеты должны находиться не на концах **Х**).

А по расчету – $C_5H_8O_2$, при этом вещество содержит альдегидную группу и группу $-C(O)CH_3$. Так как **А** – неразветвленное соединение, то **А** – 4-оксопентаналь $CH_3C(O)CH_2CH_2CHO$.

Б (по расчету) – $C_3H_4O_2$, при этом вещество также содержит альдегидную группу и группу $-C(O)CH_3$. Так как **Б** – неразветвленное соединение, то **Б** – 2-оксопропаналь $CH_3C(O)CHO$.

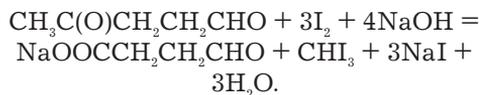
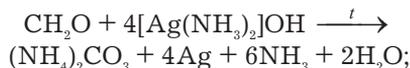
По данным об алкане **У** однозначно восстанавливается структура **Х**. Это α -оцимен, или 2,6-диметилгепта-1,5,7-триен.



Тогда **У** – 2,6-диметилгептан.

Задача 4 (Автор – Свитанько З.П.)

Некоторый газ **А** пропустили над нагретым кремнием (реакция 1), при этом масса кремния уменьшилась в три раза. Полученное вещество **Б** полностью поглотили водой, при этом наблюдали выпадение осадка **Д** (реакция 2). Воду и летучие компоненты отогнали и сконденсировали. На нейтрализацию полученного раствора потребовалось 4,48 г гидроксида калия (реакция 3). При последующем упаривании выделена соль **Г** массой 5,96 г. Остаток после отгонки прока-

Реакции:**Критерии:**

Вещества **А**, **Б**, **В**, **У** – по 2 балла (всего 8 баллов), **Х** – 3 балла.

Названия веществ – по 1 баллу (всего 5 баллов).

Реакции – по 2 балла (без коэффициентов – 1 балл, всего 4 балла).

Итого: 20 баллов.

К сожалению, озонолитиз алкенов и других ненасыщенных соединений редко встречается в школьной программе, особенно на базовом уровне, однако он очень интересен. До итогового соединения **Х** добралось не очень много школьников, поскольку подсказки для составления именно такого соединения в условии задачи встречались один раз. Избыточного условия здесь нет, поэтому приходилось быть внимательными на каждом этапе осмысления условия задачи. Стоит также обратить внимание на галоформную реакцию, которая также редко встречается в школьной программе, хотя является одной из важнейших при качественном анализе органических соединений.

лили, в результате получено вещество **В** массой 1,2 г (реакция 4). Определите газ **А**, вещества **Б**, **В**, **Г**, а также массу кремния, взятого для реакции. Напишите уравнения реакций.

Решение:

На нейтрализацию раствора понадобилось 0,08 моль КОН, и, вероятно, соль выделилась эквимолярно. То есть $M(\Gamma) = 74,5$ г/моль, что соответствует КСІ.

Здесь участники имели дело с весьма редким случаем (для олим-

пиады 10 класса), когда о составе соединения нужно было догадаться, исходя из химического сюжета задачи и из данных по молярной массе, однако большинство с этим справились. Снова стоит отметить, что подтверждение расчетом в данном случае крайне необходимо. В противном случае выставлялся минимум баллов (что следует из разбалловки).

Вероятно, газ **A** – хлор, а **B** – оксид кремния, получившийся при прокаливании кремниевой кислоты, что соответствует массе 1,2 г. Кремния прореагировало 0,02 моль, то есть 0,56 г, а значит изначальная масса кремния – 0,84 г.

Реакции:

- 1) $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{t} \text{SiCl}_4$;
- 2) $\text{SiCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 4\text{HCl}$;
- 3) $\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$;
- 4) $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{t} \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$.



Реакция хлорида кремния с водой
(<https://www.artikel-presse.de/wp-content/uploads/2016/11/Silicon-Tetrachloride.jpg>)

Критерии:

Расчет соли **Г** – KCl – 3 балла (без расчета – 0 баллов).

Задача 5 (Авторы – Шкиль Д.О., Марков М.А.)

Для выполнения курсовой работы было необходимо синтезировать неустойчивую в воде соль **A** для изучения ее физических и химических свойств. Однако для получения

Определение газа **A** – 2 балла (без расчета хлорида калия – 1 балл).

Определение **B** – 2 балла (без расчета хлорида калия – 1 балл).

Определение **B** – 1 балл (расчет не обязателен).

Расчет массы кремния (прореагировавшего) – 2 балла.

Расчет массы кремния, взятого изначально – 2 балла.

Реакции – по 2 балла (без коэффициентов – по 1 баллу, всего 8 баллов).

Итого: 20 баллов.

Большинство участников, решивших в целом задачу, получили за неё не 20 баллов, а 18, поскольку неверно рассчитали массу кремния, взятого первоначально. Большой преградой стал тот факт, что масса кремния уменьшилась в три раза. Многие решили, что раз это так, то массу прореагировавшего с газом кремния нужно увеличить в три раза, и получится изначальная масса кремния (конечно, это не так). Непонимание данного условия, к сожалению, связано с проблемами, возникающими при обучении школьников математике в 6 классе. На подобные проблемы стоит обращать внимание всем учителям химии, преподающим хотя бы в профильных классах. Несмотря на то, что ученики (в своем большинстве) в курсе химического содержания, они допускают подобного рода математические ошибки, что может весьма плачевно сказаться на результатах ЕГЭ и олимпиад в 11 классе. Особое внимание будущим одиннадцатиклассникам и их учителям следует уделить теме «Пропорции и проценты».

соли **A** известна лишь методика, где используется вещество **B**, которого в лаборатории не было. В составе вещества **B** находится металл **M**, который зачастую встречается в само-



родном виде. Для получения вещества **Б** было использовано несколько методик, в качестве ресурса элемента **М** взяли вещество **В**, которое применяется для изготовления минеральных красок.

Вещество **В** образует несколько кристаллогидратов **В₁**, **В₂** и **В₃**: массовые доли серы в них 17,98 %, 14,95 % и 12,8 % соответственно.

Методики, которые использовались:

1) Раствор вещества **В** подвергли электролизу, при этом образовался красноватый осадок **М** (реакция 1). Его отфильтровали и нагрели в сильном токе N_2O с образованием **Б** и бесцветного газа **Г** без запаха (реакция 2).

2) К горячему раствору **В** массой 31,25 г ($\omega(\mathbf{B}) = 32\%$) приливали водный раствор гидразина, а затем добавили 20 %-ый раствор $NaOH$. В результате реакции образовался газ **Г** (реакция 3). Полученный осадок

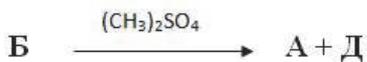
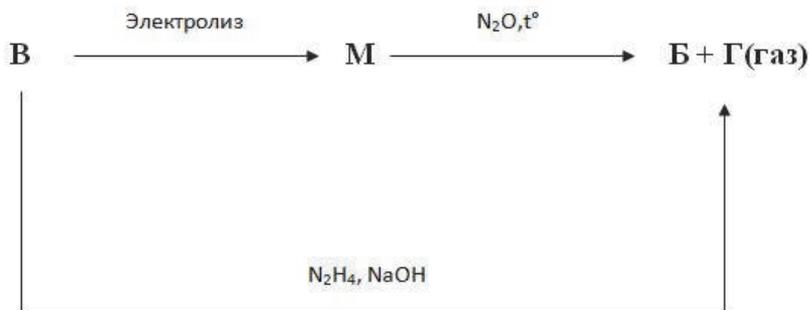
вещества **Б** отфильтровали и высушили. Выход составил 87 %.

Взяли 4 % **Б** (по массе), полученного по методике №2, и растворили в концентрированной соляной кислоте. При этом образовался бесцветный раствор, зеленоющий со временем (реакция 4).

Из оставшегося **Б** с помощью диметилсульфата получали **А** (реакция 5). Раствор нагревался до $160\text{ }^\circ\text{C}$, реакция прошла с выходом 39 %. Полученный продукт **А** имеет массу 2,277 г, второй продукт реакции **Д** улетел из реакционной среды и имеет молярную массу, равную 46 г/моль.

Степень окисления элемента **М** в соединении **Б** совпадает со степенью окисления того же элемента в одном из сульфидных минералов элемента **М**. Известно, что массовая доля **М** в этом минерале равна 80 %.

Схема превращений и массовые доли указаны ниже:



$$\omega\%(S) \text{ в } \mathbf{B}_1 = 17,98\%$$

$$\omega\%(S) \text{ в } \mathbf{B}_2 = 14,95\%$$

$$\omega\%(S) \text{ в } \mathbf{B}_3 = 12,8\%$$

$$\omega\%(M) \text{ в } M_xS_y = 80\%$$

Напишите все уравнения реакций и формулы зашифрованных

соединений (**А**, **Б**, **В**, **В₁**, **В₂**, **В₃**, **Г**, **Д**, **М**). Ответы подтвердите рас-

чётом, где это необходимо. Посчитайте массу **Б**, образовавшегося по методике 2.

Решение:

Так как в методике с электролизом указано, что выпадает розово-оранжевый осадок, который является металлом **М**, то можно решить, что это медь.



Электролиз раствора CuSO_4 , медь осаждается на катоде (слева) (фото Н.И. Морозовой)

Докажем, что **М** – это медь из сульфидного минерала. Содержание серы в сульфидном минерале составляет $100 - 79,9 = 20,1\%$. Возьмем 100 г сульфидного минерала, тогда $n(\text{S})$ в 100 г составляет 0,628 моль. Тогда молярная масса элемента **М** = $k \cdot 127,23$ г/моль, где k – соотношение атомов **S**:**М**. Пусть степень окисления элемента **М** = 1, тогда $k = 0,5$. Отсюда $M(\text{М}) = 63,615$ г/моль, что соответствует меди. При $k = 1$ степень окисления (**М**) = +2, $M(\text{М}) = 127,23$ г/моль, что может соответствовать теллуру, однако теллур не подходит под физико-химические свойства металла **М**. При остальных k расчеты не сходятся со значениями атомных масс элементов. Сульфидный минерал – Cu_2S (халькозин).

В – растворимая соль меди, в ее составе содержится медь. На основе этих рассуждений предположим, что это сульфат. Тогда $M_3(\text{nH}_2\text{O}) =$

18 г/моль; $M_2(\text{nH}_2\text{O}) = 54$ г/моль; $M_3(\text{nH}_2\text{O}) = 90$ г/моль. Следовательно, **В**₁ – $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, **В**₂ – $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, **В**₃ – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Так как в халькозине присутствует медь (I), то и в **Б** она тоже есть. При нагревании меди с N_2O образуется бесцветный газ – это азот. Использование N_2O в методике вместо более распространенного окислителя O_2 объясняется необходимостью получения продукта неполного окисления (Cu_2O). Предположение об оксиде меди (I) подтверждается химическими свойствами: растворение в HCl с образованием бесцветного раствора и получение из сульфата восстановлением гидразином. Позеленение раствора хлоридного комплекса меди (I) происходит из-за окисления меди до степени окисления +2 кислородом воздуха. **Б** – Cu_2O . **Г** – N_2 .

Масса Cu_2O , полученного в реакции, рассчитывается, исходя из уравнения реакции, выхода и массовой доли раствора: $m(\text{Cu}_2\text{O}) = 3,9$ г.



Cu_2O

(<http://sc02.alicdn.com/kf/HTB1DxkFblGw3KVjSZFwq6zQ2FXa8/Good-Quality-Electrolysis-99-9-Purity-cu2o.jpg>)

После опыта с HCl осталось $24/25 \cdot 3,9 = 3,744$ г. Количество прореагировавшего по основной реакции Cu_2O составляет $0,39 \cdot 3,744 = 1,46$ г или 0,01021 моль. Летучий продукт реакции оксида меди (I) с диметил-



сульфатом, который можно было бы предположить, вероятнее всего, должен иметь метильные группы, так как оксид серы (IV) не подходит по молярной массе, а медь и её соединения нелетучи. Одно из применений диметилсульфата – реагент для обмена катионов на метильные группы. Тогда летучий продукт Д – $(\text{CH}_3)_2\text{O}$, а безводная соль А – Cu_2SO_4 . Рассуждения можно проверить:

$$M(\text{A}) = m(\text{A}) / n(\text{Cu}_2\text{O}) = 223,02 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса А соответствует молярной массе сульфата меди (I).

Реакции:

- 1) $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2;$
- 2) $2\text{Cu} + \text{N}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{Cu}_2\text{O} + \text{N}_2;$
- 3) $4\text{CuSO}_4 + \text{N}_2\text{H}_4 + 8\text{NaOH} = 2\text{Cu}_2\text{O} + \text{N}_2 + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O};$
- 4) $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{HCl} = 2\text{H}[\text{CuCl}_2] + \text{H}_2\text{O};$
- 5) $\text{Cu}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 = \text{Cu}_2\text{SO}_4 + (\text{CH}_3)_2\text{O}.$

Критерии:

Определение меди – 3 балла (без подтверждения расчетом, но по физическим признакам – 1 балл; без обоснования – 0,5 балла).

Определение В – 0,5 балла, В₁-В₃ – по 0,5 балла (без расчета – суммарно 0,5 балла, всего 2 балла).

Определение Б – 0,5 балла, Г – 0,5 балла.

Определение массы Cu_2O , полученного в реакции – 3 балла.

Определение А – 4 балла (без подтверждения расчетом – 0,5 балла), Д – 1 балл.

Реакции 1, 2, 3, 5 – по 1 баллу (без коэффициентов – по 0,5 балла, всего 4 балла).

Реакция 4 – 2 балла (без коэффициентов – 1 балл; если в продуктах указан CuCl , то 1 балл, без коэффициентов – 0,5 балла).

Итого: 20 баллов.

Данная задача является сложной главным образом потому, что сюжетно очень сильно нагружена. Тут и определение металла с помощью большого количества численных данных, и качественный анализ соединения, вынесенный в отдельных абзац, и сложный путь получения целевого продукта (соли А). Стоит также отметить, что «угадайка» и тут не срабатывала. Для получения максимального балла за задачу необходимо было привести все необходимые расчеты, подтверждающие предположения о составе веществ.

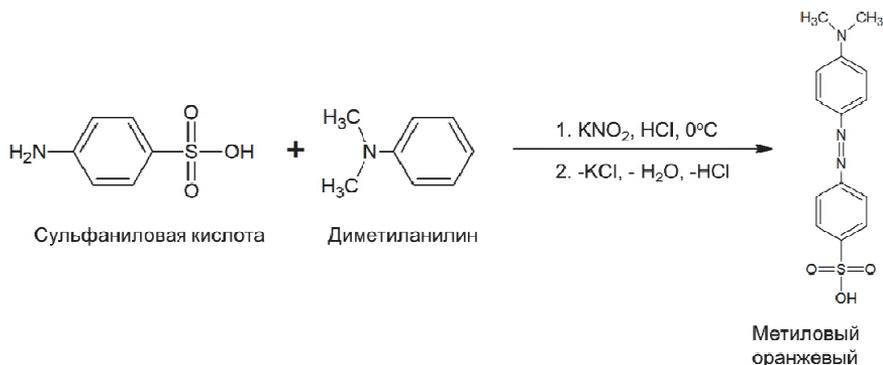
Задача 6 (Автор – Данилов М.Р.)

В современном химическом анализе большую роль играют инструментальные методы качественного и количественного анализа. В частности, для определения некоторых веществ подходит метод спектрофотометрии. Спектрофотометрия – это экспериментальный физико-химический метод, который позволяет измерить концентрацию растворенного вещества в пробе. Метод основан на измерении оптической плотности исследуемого раствора и рас-

твора сравнения с заранее известной концентрацией целевого вещества. Для оценки результатов строится калибровочная кривая по нескольким растворам сравнения.

Перед юным химиком поставили следующую задачу: используя справочные данные и условия проведения опытов, рассчитать выход реакции получения метилового оранжевого в трех поставленных опытах.

Схема получения метилового оранжевого:



Сульфаниловая кислота – $\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H}$. Диметиланилин – $(\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5$. При подготовке пробы к анализу полученный объем после

каждой реакции доводился до 100 мл. Из этого раствора отбиралась аликвота, которая затем разбавлялась (табл. 1).

Табл. 1. Исходные данные для проведения синтеза метилового оранжевого

№ опыта	1	2	3
$C(\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H})$, моль/л	0,3	0,02	0,005
$V(\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H})$, мл	25	12	7
$C((\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5)$, моль/л	0,6	0,01	0,004
$V((\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5)$, мл	2	50	20
Разбавление, раз	5000	120	10
Оптическая плотность	0,05712	0,3808	0,5488

Табл. 2. Данные для калибровочной кривой (концентрация показана в пробе 1 мл)

Оптическая плотность	Концентрация метилового оранжевого
1,12000	$4 \cdot 10^{-5}$ М
0,22400	$8 \cdot 10^{-6}$ М
0,28000	$1 \cdot 10^{-5}$ М

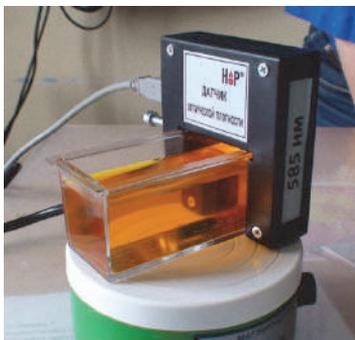
Справочная информация:

Как оценить зависимость интенсивности поглощения от концентрации вещества в растворе? Основным законом, на котором основано количественное определение вещества, является закон Бутера – Ламберта – Бера. Именно он и устанавливает связь между интенсивностью поглощения и концентрацией вещества в растворе:

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l,$$

где A – оптическая плотность; ϵ – молярный коэффициент поглощения, л/моль·см; l – длина оптического пути, см; c – концентрация вещества в растворе, моль/л.

Примечание: В задаче оптический путь равен 1 см.



Раствор метилового оранжевого в кювете для определения оптической плотности
(фото Н.И. Морозовой)

Вопросы:

1) Определите выход метилового оранжевого в каждой пробе (ка-

либровочную кривую строить не требуется).

2) Рассчитайте молярный коэффициент поглощения.

3) Объясните, чем обусловлено широкое применение метилового оранжевого в химии.

4) Приведите три примера веществ, сходных с метиловым оранжевым по области применения.

Решение:

1 – 2) Для начала посмотрим на приведенную химическую реакцию, из которой видно, что сульфаниловая кислоты и диметиланилин реагируют 1 : 1.

Далее следует, исходя из табл. 1, рассчитать количества реагентов в каждом опыте:

№ опыта	n(сульфаниловой кислоты), моль	n(диметиланилина), моль
1	$25 \cdot 0,3 / 1000 = 7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-3}$
2	$2,40 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$
3	$3,50 \cdot 10^{-5}$	$8,00 \cdot 10^{-5}$

Так как реакции следует рассчитывать по недостатку, то далее рас-

считываем наименьшие количества вещества из пары.

№ опыта	n(полученное в реакции), моль	C(метилового оранжевого) в 100 мл
1	$1,20 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-2}$
2	$2,40 \cdot 10^{-4}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$
3	$3,50 \cdot 10^{-5}$	$3,50 \cdot 10^{-4}$

Теперь следует учесть разбавление. Полученные концентрации после разбавления:

№ опыта	n(после разбавления), моль
1	$2,4 \cdot 10^{-6}$
2	$2,0 \cdot 10^{-5}$
3	$3,5 \cdot 10^{-5}$

Далее оценим, какие значения интенсивности поглощения должны были бы быть, если бы выход был 100 %. Посчитать молярный коэффициент поглощения для метилового оранжевого можно, исходя из закона Бугера – Ламберта – Бера:

$$\varepsilon = A / (c \cdot l).$$

Следовательно, $\varepsilon = 2,8 \cdot 10^4$ л/моль·см.

Далее рассчитываем оптическую плотность при 100 %-ном выходе:

№ опыта	Оптическая плотность
1	0,06720
2	0,56000
3	0,98000

Следовательно, выход по каждому опыту численно равен отношению оптической плотности для каждого опыта к теоретическому:

№ опыта	Выход
1	85%
2	68%
3	56%

3) Широкое применение метилового оранжевого обусловлено его индикаторными свойствами, а также возможностью необратимого окисления в методах потенциометрического титрования.

4) Примеры веществ: лакмус, тимоловый синий, фенолфталеин, ализариновый желтый и т.д.

Критерии:

Количества веществ в изначальных растворах – 3 балла.

Количества веществ после разбавления – 3 балла.

Молярный коэффициент поглощения – 3 балла.

Оптическая плотность для каждого из растворов – 3 балла.

Выход по каждому из опытов – 3 балла.

Применение метилового оранжевого – 2 балла.

Примеры веществ – 3 балла (по 1 баллу за пример).

Итого: 20 баллов.

Очень редко в Московской олимпиаде для 10 класса встречается задача по физической химии, однако в этом году составители решились на подобный эксперимент. Стоит отметить, что эксперимент получился удачным.

Для решения данной задачи совершенно не нужны никакие знания по физической химии, нужно лишь умение грамотно читать и интерпретировать представленный длинный текст, нагруженный таблицами и формулами. Условно такая задача относится к задачам на функциональную грамотность (естественно-научную, читательскую и математическую), что часто «западает» у современных школьников. Те же, кто не испугался длинных текстов, с задачей справились очень легко. Поэтому чаще всего участники получали за неё либо 0, либо 20 баллов.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Хвалебное письмо галлию

О дивный галлий, хочу поблагодарить тебя за безмерную помощь в укрощении этого сложного мира. Без тебя мы бы не вышли на тот инновационный технологический уровень, на котором сейчас находимся.

Спасибо тебе за то, что заменил токсичную ртуть своими жидкими сплавами, которые применяются в качестве диффузионных растворов, смазок и многих других полезных вещей. Также благодарю за безртутные термометры для измерения высоких температур, заполненные галлием. Я понимаю, плавиться нелегко, но ты это делаешь во благо нашего общества!

Спасибо тебе за лазеры на основе твоего оксида, нитрида и арсенида, хотя арсенид – это вообще отдельная тема, так как его применение в электронике настолько велико, что мир без него уже невообразим: полупроводниковые лазеры, светодиоды, оптоэлектроника, фотовольтаика и ещё множество разных сфер.

Спасибо тебе за помощь онкологическим больным при торможении потери костной массы, за возможность быстрой остановки кровотечения и за твои антибактериальные свойства от всех, кто так или иначе имеет дело с медициной.

В общем, бесспорно, твоя роль очень велика. Продолжай нас радовать своими тремя электронами на внешнем уровне, удивительной легкоплавкостью и практической полезностью!

Дмитрий Ч.



Исследовательская деятельность



Приказчиков Даниил Андреевич

Учащийся 11 класса Муниципального автономного образовательного учреждения СОШ № 65, г. Тюмень.

Интересы: междисциплинарные области естественнонаучного цикла наук, математика. Призёр регионального этапа ВсОШ по математике и олимпиады «Физтех» по направлению «физика» в 2020 г.

Сотникова Галина Павловна

Учитель физики и астрономии высшей категории МАОУ СОШ № 65 г. Тюмень, почётный работник общего образования Российской Федерации, победитель конкурса лучших учителей Российской Федерации и Всероссийского конкурса школьных учителей физики и математики Фонда Дмитрия Зимина «Династия» в номинации «наставник будущих учёных»



«Капсула жизни» – новый метод посадки деревьев

Каждый знает о важности экологических проблем. Немногие способны разработать принципы их решения. Но без конкретного воплощения принципы так и остаются словами на бумаге или в воздухе. Предлагаем вам познакомиться с работой, в которой проведены конкретные расчеты параметров и условий сброса капсулы для посадки деревьев.

Весной-летом 2019 года в Сибири произошли массовые пожары, которые нанесли огромный ущерб и природным, и антропогенным экосистемам. В частности, пострадали леса Аромашевского района Тюменской области [1]. Естественное восстановление пострадавших площадей, по мнению Николая Николаева (председателя Комитета Госдумы по природным ресурсам,

собственности и земельным отношениям), займёт 50 – 60 лет. Это, в свою очередь, угрожает невозможностью естественного восстановления экосистемы погоревших территорий. Восстановление лесов в удалённых местах ручным трудом будет слишком затратным. Разработка технологии посадки деревьев более дешёвым способом позволит решить эту проблему.

Прежде всего, поясним, что лежит в основе капсульного метода посадки деревьев.

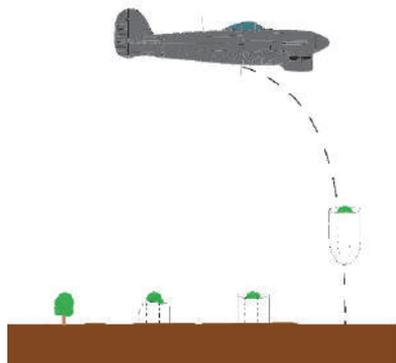


Рис. 1. Процесс посадки деревьев капсульным методом

Метод посадки деревьев капсулами заключается, в первую очередь, в полёте летательного средства, способного к сбросу груза в полёте, например бомбардировщика, списанного с вооружения, и последующем сбросе капсул из биоразлагаемого полимера с почвой и небольшим саженцем внутри над пострадавшей территорией. (рис. 1). При этом сброс должен осуществляться с такой высоты, чтобы, с учётом силы сопротивления воздуха, снаряд развил достаточную скорость для проникновения на глубину, равную толщине слоя земли в самой капсуле. Сама капсула при этом должна быть сконструирована так, чтобы:

- при полёте саженец не повредился встречными потоками воздуха;
- при проникновении в землю давление, оказываемое грунтом на капсулу, достигало предельных значений, вследствие чего сама оболочка растрескивалась, но не разрушалась. Частичное повреждение оболочки капсулы обеспечит большую площадь контакта материала, лежащего в основе оболочки капсулы, с окружающей средой. Это, в свою очередь, приведёт к уменьшению

времени, требуемого для естественного разложения оболочки.

Предполагается, что капсула и дерево, которое в дальнейшем будет помещено в капсулу, будут изготавливаться отдельно и лишь непосредственно перед высадкой дерево будет помещаться в капсулу. Это обусловлено тем, что длительное взаимодействие почвы и содержащей её капсулы вызовет преждевременное повреждение последней.

Теперь обратимся к данным о территории посадки. Аромашевский район Тюменской области характеризуется равнинным рельефом с некоторой заболоченностью территории вследствие недостатка стока внутренних вод.

В основном мелколиственные леса на территории Тюменской области представлены видами Берёза пушистая и Берёза повислая [2]. Оба вида дерева растут до 25 – 30 метров в высоту при благоприятных условиях. Корневая система достигает значительного развития, но не проникает глубоко в почву. Живут эти деревья сравнительно недолго – в среднем до 120 лет.

Помимо большого числа сходных черт, у этих видов наблюдаются и различия.

Берёза повислая лучше произрастает на не переувлажнённых территориях с большим количеством света. Лучше всего она распространяется на супесях и суглинках. Берёза пушистая, напротив, выносит заболачивание территории.

Другим частым представителем мелколиственных лесов Тюменской области является Осина обыкновенная [2]. Высота дерева может достигать до 30 метров. Корневая система хорошо развита и достаточно глубоко уходит под землю, так что осино-вые колки смогут достаточно быстро восстановиться после пожара. Несмотря на то, что этот вид дерева

малотребователен к климату, он очень требователен к свойствам почвы. Она должна быть не слишком сухой, но и не заболоченной. На болотах же осины встречаются крайне редко и растут плохо.

Несмотря на то, что осина обладает хорошей выживаемостью, обусловленной глубиной произрастания корней, она в меньшей степени подходит для посадки на этой территории, т.к. большое число молодых саженцев может погибнуть от воздействия болотистых почв ещё на стадии приживания.

Поэтому вернёмся к сравнению двух рассмотренных видов берёзы. Очевидным претендентом на использование в капсульном методе становится берёза пушистая, т.к. она способна к произрастанию в заболоченных территориях.

Исходя из данных работы, проведённой ранее с Берёзой плосколиственной – близким родственником Берёзы пушистой, – можно сделать вывод, что в первые 9 – 10 лет жизни естественный прирост дерева составляет 20 – 30 см в год [3].

В первое время жизни берёза и осина очень похожи и, в частности, обладают схожей корневой системой. В работе по микроклональному размножению осины показана возможность масштабного увеличения численности укоренённых образцов (более 1 миллиона) размером до 80 – 85 см [4]. Это достигается путём выращивания *in vitro* за счёт меристемной культуры взятого за основу организма и дальнейшего прививания полученных образцов. В частности, через 11 – 12 месяцев уже будут доступны укоренившиеся саженцы высотой 20 – 25 см. К этому времени у образцов развивается корневая система, распространяющаяся на почве на объём около 350 см³.

Как уже было сказано ранее, для создания капсулы необходима био-

разлагаемая оболочка. Биodeградация – это процесс разложения различных компонентов и материалов в окружающей среде под воздействием живых организмов, в первую очередь, микроорганизмов.

К числу биodeградируемых полимеров относятся полимеры на основе модифицированного крахмала и органически разлагаемых пластификаторов: многоатомных спиртов, например, глицерина. Полимер на основе крахмала представляет собой пространственную структуру из остатков цепей многоатомных спиртов и молекул целлюлозы, обладающую значительной упругостью и прочностью на сжатие.

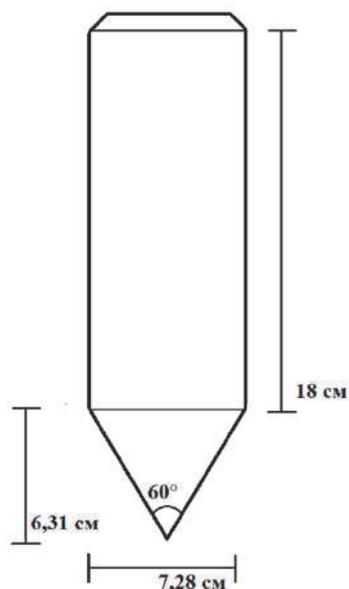


Рис. 2. Принципиальная схема капсулы для посадки деревьев

Для определения толщины стенок капсулы мы вывели зависимость силы, давления и скорости, необходимой для проникновения на некоторую глубину, от расстояния, пройденного телом в земле. На снаряд при его проникновении в почву действуют сила статического сопротивления, сила динамического сопро-

тивления, вызванная инерцией почвы, и сила вязкого трения (последней при больших скоростях можно пренебречь). В результате расчётов с учётом плотности почвы ($1,82 \text{ г/см}^3$), плотности древесины ($0,63 \text{ г/см}^3$) и параметров ствола молодого саженца [4], а также характеристик капсулы (рис. 2), мы получили, что скорость, необходимая для проникновения в почву на заданную глубину, составляет 34 м/с .

Считаем, что корпус не будет разрушаться при нормальном напряжении, возникающем в середине слоя корпуса и не превышающем предельное у материала, выбранного для капсулы, т. е. в такой ситуации не будет возникать превышающего сквозного разрыва. Тогда необходимая толщина корпуса на определённой высоте h от кончика капсулы будет выражаться, как:

$$d = \frac{2\sqrt{3}h}{3}(\beta - 1) \approx 0.013h,$$

где $\beta \approx 1,011$ – отношение наружного радиуса оболочки, проведённого из оси вращения, к внутреннему.

С какой высоты должны быть сброшены капсулы, чтобы они развили необходимую для проникновения на заданную глубину скорость? Из выражения для зависимости высоты от времени падения получаем, что при пролёте над погоревшей территорией необходимо сбрасывать капсулы с высоты примерно 35 метров.

Таким образом, мы определили основные параметры непосредственно самой капсулы, а также условия её сброса. В дальнейшем при проведении испытаний капсулы в реальных условиях возможна корректировка как строения капсулы, так и метода её посадки.

Литература

1. В Аромашевском районе ввели режим повышенной противопожарной готовности. // Информационное агентство «Тюменская линия», 16.05.2019. <https://t-l.ru/263854.html>.
2. Территория района и его ресурсы. // Тюменская область – портал органов государственной власти, 19.11.2016. https://aromashevo.admtyumen.ru/mo/Aromashevo/about_OMSU/more.htm?id=10529840@cmsArticle.
3. Выводцев Н.В., Тютрин С.А. Изучение роста березы плосколистной. – 1 выпуск, Хабаровск: Электронное научное издание, 2012, т. 3. ISSN 2079-8490.
4. Сироткина Е.В., Корнев И.А. Адаптация растений-регенератов к естественным условиям. // Лесная генетика и селекция, 2015, 4 выпуск.
5. Миронов В.М., Беляев В.М. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли, часть 2. – Томск: Издательство ТПУ, 2003.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Обсуждение статьи на сайте медицинских новостей:

Х: Анестезия – это яд! Давно пора уходить от этой варварской практики. Только врачи наши до сих пор не могут без неё операции проводить. Или не хотят?

У: Врачам как раз всё равно. А вот пациенты почему-то не хотят.

Студенты-медики, повторяя латынь, случайно вызвали демона. Бедный демон. Теперь он расчленен и заспиртован.

Студенты-психологи, повторяя латынь, случайно вызвали демона. Бедный демон. Он и не знал, сколько у него на самом деле проблем.



Профильное образование



Семёнов Александр Александрович
 Главный эксперт АО «ВНИИНМ» им. академика
 А.А. Бочвара, Кандидат химических наук

Ухов Станислав Анатольевич
 Сотрудник Калужского филиала МГТУ им. Н.Э.
 Баумана, инженер физико-химик



Логарифмы в химии и биологии

В статье рассказывается об истории открытия логарифмической функции, её свойствах и роли, которую она играет в химии и биологии.

Не так давно мировая наука отметила 400-летие логарифма. Эта удивительная функция сыграла в истории науки очень важную роль. Потребность в логарифмах возникла в связи с необходимостью упростить громоздкие расчёты ученых, в первую очередь астрономов. Логарифм как термин и само понятие был предложен его первооткрывателем, эксцентричным шотландским бароном Джоном Непером, опубликовавшим в 1614 году свой трактат с за-

бавным названием «Волшебные таблицы логарифмов». Непер преследовал утилитарную цель, занимаясь поиском средства для уменьшения трудоёмкости расчётов. Однако со временем оказалось, что логарифм интересен и полезен не только этим. Он возникает при решении многих задач физики и математики: например при нахождении площади трапеции, ограниченной гиперболой и осью абсцисс; при вычислении пределов некоторых последовательно-

стей и суммы рядов, в самых разных приложениях механики, оптики и электротехники.

Для начала стоит вкратце напомнить, что такое логарифм и чем он так отличается от всех других функций. Даже тот, кто никогда не пользовался логарифмами, наверняка возводил числа в степень, хотя бы в квадрат или в куб, что соответствует степеням 2 и 3. Например, при возведении в квадрат и в куб числа 5 мы получим соответственно 25 и 125, а при возведении числа 10 мы получим в результате 100 и 1000. Тогда в каждом из приведенных случаев числа 2 и 3 будут равны логарифмам полученных чисел с той лишь разницей, что в первом случае мы имеем дело с логарифмом по основанию 5, а во втором с логарифмом по основанию 10.



В математической записи это выглядит так:

$$\begin{aligned}\log_5 25 &= \log_5 5^2 = 2; \\ \log_5 125 &= \log_5 5^3 = 3; \\ \log_{10} 100 &= \log_{10} 10^2 = 2; \\ \log_{10} 1000 &= \log_{10} 10^3 = 3.\end{aligned}$$

Индекс при символе логарифма означает его основание. Логарифм по основанию 10 или «десятичный логарифм» в связи со своей важной ролью имеет собственное обозначение, поэтому последние два примера следует записывать несколько иначе: $\lg 100 = 2$; $\lg 1000 = 3$.

В качестве основания используют только положительные числа. Логарифмов отрицательных чисел не существует, так как нельзя возвести положительное число в какую бы то ни было степень, чтобы получить число отрицательное. В то же время сам логарифм может принимать и отрицательные значения, например: $\lg 0,01 = -2$; $\lg 0,001 = -3$.

Все логарифмы (не только десятичные) обладают интересным и очень ценным свойством. Это выражается правилом: «логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей», которое записывается так:

$$\log_A X \cdot Y = \log_A X + \log_A Y$$

В самом деле, если использовать примеры, приведённые выше, то легко видеть:

$$100 \cdot 1000 = 10^2 \cdot 10^3 = 10^{2+3} = 10^5 = 100000.$$



Этот пример совсем простой, но он позволяет понять, что для умно-

жения двух чисел можно сначала вычислить их логарифмы (например, десятичные), сложить их, а затем провести операцию, обратную логарифмированию, то есть в приведённом случае число десять возвести в нужную степень. Вот более сложный пример умножения чисел с помощью логарифмов:

$$63 \cdot 138 = 10^{1,79934} \cdot 10^{2,13988} = 10^{1,79934 + 2,13988} = 10^{3,93922} = 8694.$$

Целая часть логарифма называется характеристикой, а дробная мантиссой.

Например, $\lg(20\,000) = 4,301\dots$, а $\lg(2) = 0,301\dots$ Мантиссы этих логарифмов одинаковы, а характеристики отличаются на четыре единицы. В этом случае говорят, что числа отличаются на 4 порядка.

Операция, обратная логарифмированию, называется потенцированием. Функция, в которой некоторое постоянное число возводится в переменную степень, носит название показательной функции или антилогарифма. Кажущаяся сложность логарифмирования сомножителей, сложения логарифмов и последующего потенцирования их суммы с использованием таблиц логарифмов и антилогарифмов не идёт в сравнение со сложностью умножения и деления многозначных чисел в столбик, особенно когда эти операции требуется проводить многократно. Пользователю современной цифровой техники трудно представить, насколько была трудоёмкой процедура умножения и деления многозначных чисел до изобретения логарифма. Астрономы тратили десятки лет на нудные и однообразные вычисления. Логарифм же, по мнению известного французского математика Пьера-Симона Лапласа, подарил

учёным годы жизни, сократив время, требуемое на проведение вычислений. Однако более 1000 лет потребовалось на то, чтобы научиться вычислять дробные степени и логарифмировать произвольные числа. Первым это сделал шотландец Джон Непер, почти одновременно с ним составил аналогичные таблицы швейцарец Йост Бюрги, после чего усилиями многих математиков логарифм навсегда вошёл в мировую науку и сыграл в ней свою удивительную роль.

Величины десятичных логарифмов в примерах, приведенных выше, численно совпадают с количеством нулей в логарифмируемом числе. Если число меньше единицы, то логарифм имеет отрицательный знак, но количество нулей перед единицей все так же даёт его абсолютную величину. Удобство и наглядность обусловили многовековую популярность десятичного логарифма. Однако это связано только с тем, что мы используем десятичную систему счисления. Если бы, скажем, цивилизация ацтеков не была разрушена испанцем Эрнаном Кортесом, освоила высшую математику и самостоятельно открыла логарифмическую функцию, то наверняка бы их учёные использовали двадцатеричные логарифмы. Вавилон со своей шестидесятеричной системой счисления мог бы прийти в своем научном развитии до логарифмов по основанию 60. Пятеричные логарифмы могли бы возникнуть на Руси, которая практиковала счет «пятками» (вспомним фразу «два пять шапок серебра» из сказки П.П. Ершова «Конек-горбунок»). Хотя, согласимся, что всё это довольно отвлечённые фантазии.

Если с логарифмами по основанию 10 всё понятно, то объяснить

человеку, не знакомому с дифференциальным и интегральным исчислением, откуда появились логарифмы натуральные, обозначаемые как $\ln(x)$, не так уж просто. В натуральных логарифмах основанием служит постоянная Эйлера или число « e », которое приблизительно равно 2,71828... и определяется как предел выражения:

$$e = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{N}\right)^N$$

Тем не менее, именно натуральный логарифм возникает при решении различных задач в естественных науках. Можно сказать, что только в натуральном логарифме и проявляется истинная суть этой удивительной функции. А по своей значимости для всей математики константа « e » не уступает знаменитому числу π .

Есть ещё один интересный и важный вид логарифмов – двоичные логарифмы (рис. 1). Не так давно в соответствии со стандартом ISO 31-11 им присвоили собственное обозначение $\text{lb}(x)$, хотя чаще его обо-

значают как $\log_2(x)$. Эти логарифмы находят применение в теории информации, в комбинаторике, в быстром преобразовании Фурье, а кроме того они сыграли большую роль в теории музыки.

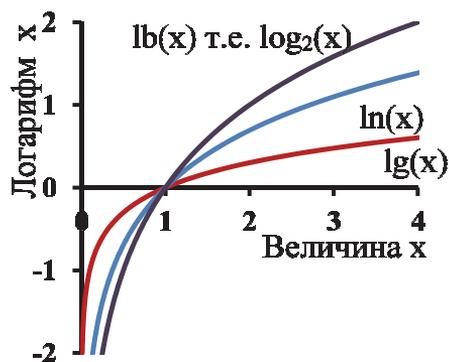


Рис. 1. Три наиболее часто используемых логарифма: двоичный, натуральный и десятичный

Конечно, химия и биология очень сильно отличаются и от физики, и от астрономии. В связи с этим возник резонный вопрос: могут ли современные химик и биолог прожить, вообще не зная, что такое логарифм?

Таблица 1. Хронология событий, связанных с логарифмами

1614 г.	Джон Непер составил первые таблицы логарифмов Непера
1617 г.	Йост Бюрги опубликовал собственные таблицы и считается «вторым отцом» логарифмов
1617 – 1619 г.	Иоганн Кеплер применил логарифмы в астрономии, переработав таблицы Непера и Бюрги
1617 г.	Генри Бригс: десятичные логарифмы натуральных чисел
1620 г.	Джон Спейделл: таблицы натуральных логарифмов
1620 г.	Эдмунд Гантер: счётное устройство из линейки и двух циркулей
1622 г.	Логарифмическая линейка (Уильям Отред и Ричард Деламейн)
1647 г.	Грегуар де Сен-Венсан доказал, что площадь трапеции под гиперболой выражается натуральным логарифмом
1668 г.	Николаус Меркатор: первый ряд для вычисления логарифмов

Ещё совсем недавно для инженерных расчетов активно использовали логарифмическую линейку – аналоговый счётный прибор, в основу и даже в название которого заложено понятие логарифма. Не понимая сути логарифмической функции, невозможно было пользоваться этим счётным инструментом, а значит, проводить инженерные и научные вычисления.

Логарифмическая линейка в 2022 году тоже отметит 400-летний юбилей. Впрочем, можно начинать праздновать юбилей уже сейчас, так как в 1620 году впервые был использован принцип её работы (табл. 1). Три с половиной столетия логарифмическая линейка служила исследователям всех направлений. С ней были знакомы М.В. Ломоносов и Д.И. Менделеев, с её помощью не так давно рассчитывали заряд атомной бомбы. Она попала в комедию Л.И. Гайдая «Самогонщики» (рис. 2), в которой один из производителей суррогатного алкоголя в исполнении Ю.В. Никулина рассчитывает с помощью логарифмической линейки количество сахара в своём противозаконном биотехнологическом процессе.



Рис. 2. Расчёт количества исходных реагентов для биохимического реактора с помощью логарифмической линейки (к/ф «Самогонщики»)

Пока логарифмическая линейка была популярна, благодаря ей повсеместно использовался и логарифм, который был известен всем, от школьника до академика. Авторам этой статьи, окончившим в 1995 году Московский институт тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, довелось пользоваться логарифмической линейкой (рис. 3), хотя в то время уже были доступны инженерные калькуляторы, вскоре бесспорно вытеснившие её из научного обихода.



Рис. 3. Логарифмическая линейка одного из авторов статьи

Но даже если отвлечься от логарифмической линейки, которая сейчас уже никем не используется, то несложно понять, что биологу и в особенности химику без логарифмов не обойтись и сегодня. Именно математика, причём высшая, сделала из химии и биологии многогранно развивающиеся систематизированные учения, а логарифм прочно занял там свое почётное место. Вспоминается высказывание Д.И. Менделеева: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять...».

Известно, что многие природные объекты, например, раковины моллюсков, соцветия и соплодия растений, имеют форму логарифмической

спирали. В биологии мы также встретим логарифм, исследуя размножение микроорганизмов в питательной среде в условиях, когда им хватает питания и они не страдают от стеснённости. В этом случае скорость их размножения пропорциональна их количеству, а логарифм отношения текущего их количества $N(\tau)$ к исходному N_0 пропорционален времени τ , прошедшему с начала эксперимента. Уравнение, согласно которому будет увеличиваться популяция, имеет следующий вид:

$$\ln\left(\frac{N(\tau)}{N_0}\right) = k\tau,$$

где k – константа, определяющая скорость размножения микроорганизмов.

Множество примеров использования логарифмов можно привести из химии.

Важным событием для всей науки было рождение физической химии, одним из основателей и предвестников которой был выдающийся российский учёный М.В. Ломоносов. Исследование химических процессов физическими методами привело к ряду законов и уравнений, использующих логарифмы. Давайте вспомним некоторые из них.

Начнём с химической кинетики. Если скорость химической реакции прямо пропорциональна концентрации исходного вещества, то говорят, что реакция имеет по нему первый порядок. А изменение его концентрации во времени подчиняется логарифмическому закону, напоминающему вышеприведённое уравнение:

$$\ln\left(\frac{C_0}{C(\tau)}\right) = k\tau,$$

где C_0 и $C(\tau)$ – концентрации исходного вещества в начальный момент времени и через промежуток време-

ни τ ; k – константа скорости химической реакции.

Скорость химических реакций сильно зависит от температуры, подчиняясь уравнению Аррениуса, которое также содержит логарифм:

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A,$$

где k – константа скорости химической реакции, E_a – энергия активации реакции, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура, A – так называемый частотный фактор, зависящий от природы реакции.

В химической термодинамике также немало формул, содержащих логарифмы. Одна из них – определение важнейшей термодинамической функции, энтропии S , как логарифма термодинамической вероятности W , помноженного на константу Больцмана k :

$$S = k \ln W.$$

Изменение энтропии – один из факторов, влияющих на направление химических (и не только) процессов.

В электрохимии уравнением Нернста выражается важнейший закон для расчёта электродного потенциала в нестандартных условиях, например, для восстановления катионов металла M^{n+} в водном растворе до металлического состояния:

$$E = E^\circ + \frac{0,059}{n} \lg(C_{M^{n+}}),$$

где E° – стандартный потенциал пары M^{n+}/M ; n – число электронов в полуреакции восстановления; $C_{M^{n+}}$ – концентрация катионов M^{n+} . Величины таких потенциалов определяют саму возможность и направление протекания той или иной окислительно-восстановительной реакции.

В оптических методах анализа растворов, например в колориметрии и спектрофотометрии, важную роль играет логарифмический закон Бугера-Ламберта-Бера, определяющий оптическую плотность – ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде:

$$k \cdot C \cdot l = \lg \frac{I_0}{I},$$

где I – интенсивность света, прошедшего слой раствора вещества толщиной l ; I_0 – интенсивность света на входе в раствор; C – концентрация вещества в растворе; k – постоянная величина для данного вещества и длины волны поглощаемого света (молярный коэффициент светопоглощения).

Радиохимикам и биологам, работающим с радиоактивными метками, приходится принимать во внимание радиоактивный распад неустойчивых изотопов. Закон их радиоактивного распада заключается в пропорциональной продолжительности наблюдения зависимости логарифма отношения исходного количества ядер N_0 к тому, которое остается к текущему моменту времени τ , то есть $N(\tau)$:

$$\ln \left(\frac{N_0}{N(\tau)} \right) = \lambda \tau.$$

Интересно, что в такой форме закон радиоактивного распада практически повторяет вышеупомянутое уравнение химической кинетики, описывающее изменение концентрации исходного компонента при протекании химической реакции первого порядка. Кроме того, он напоминает закон увеличения популяции микроорганизмов из биологии, приведенный выше, с той лишь раз-

ницей, что изменение количества при распаде имеет противоположный знак.

Период полураспада изотопа $T_{1/2}$ выражается через постоянную распада λ также уравнением, содержащим натуральный логарифм:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Довольно часто химики и биологи строят графики в логарифмических или билогарифмических координатах, когда соответственно одна или обе координаты на них представлены в логарифмическом виде. Это позволяет численно определить ряд важных характеристик, например, энергию активации реакции или соотношение компонентов, образующих комплексное соединение. Например, при экстракции редких металлов в системе «жидкость-жидкость» состав экстрагируемого комплекса и стехиометрию протекающей химической реакции определяют, строя графики зависимости логарифма коэффициента распределения экстрагируемого металла между двумя несмешивающимися жидкими фазами от логарифма концентрации свободного экстрагента и от водородного показателя рН.

Показатель рН заслуживает особого рассмотрения. Это одно из важнейших понятий современной химии, с которым, благодаря рекламе кремов и шампуней на телевидении, знакомы даже те, кто от химии далёк. Отечественная химическая школа читает рН как «пэ аш», что совпадает с французским произношением или латинской транскрипцией. Англичане читают название этого показателя как «пи эйч», а немцы как «пэ ха». Водородный показатель рН характеризует кислот-

ность раствора. Если $pH < 7$, то растворы считают кислыми, при $pH > 7$ имеют дело со щелочными или основными растворами. А pH – это не что иное, как десятичный логарифм активности иона водорода в растворе a_{H^+} , взятый для удобства с обратным знаком.

$$pH = -\lg(a_{H^+}) = -\lg(C_{H^+} \cdot \gamma_{H^+}).$$

В разбавленных растворах активность водородного катиона очень близка к его концентрации C_{H^+} (табл. 2), так как близок к единице коэффициент его активности γ_{H^+} . Это позволяет быстро и точно определять концентрацию кислот с помощью специального электрохимического прибора – pH-метра.

Таблица 2. Величины водородного показателя pH для растворов соляной кислоты

Концентрация HCl, моль/л	$-\lg [HCl]$	pH
0,0001	4	4,01
0,001	3	3,02
0,01	2	2,04
0,1	1	1,10
1	0	0,08*
8,27	-0,92	-2,02*

* pH вычислен по среднеионному коэффициенту активности.

На тему кислотности и показателя pH сейчас встречается много фейков и спекуляций. Вот один из примеров вопиющего невежества: «...У одуванчика $pH=22,7$, и поэтому его как щелочной продукт можно употреблять для излечения от коронавируса...» Если рассчитать «концентрацию щелочи» из приведенной глупости, то она окажется в триллионы раз выше истинных величин. Реально наблюдаемые значения pH редко выходят за пределы диапазона 0 – 14, а в сильно концентриро-

ванных растворах кислот и щелочей pH-метрией, как правило, не пользуются. Полезно помнить, что pH желудочного сока у человека приблизительно равен 1 из-за присутствия соляной кислоты, а pH крови равен 7,4, то есть немного смещён в щелочную область.

Растворы электролитов являются довольно сложно моделируемыми объектами. Например, из табл. 2 можно видеть, что с ростом концентрации кислоты отклонение величины pH от отрицательного логарифма концентрации не только различно по абсолютной величине, но даже меняет знак при переходе в область очень высоких концентраций. Здесь стоит упомянуть уравнение Дебая-Хюккеля для расчета коэффициентов активности ионов в растворах электролитов, которое положило теоретическую и практическую основу для их описания. В этом уравнении, учитывающем электростатическое взаимодействие между ионами электролита, логарифм коэффициента активности каждого иона $\lg \gamma$ связывается с его зарядом Z и с величиной ионной силы раствора I по следующему закону:

$$\lg \gamma = -z^2 \frac{0,51\sqrt{I}}{1+1,5\sqrt{I}}.$$

Ионная сила раствора I определяется по общей концентрации заряженных частиц в растворе с учётом их зарядов. Уравнение Дебая-Хюккеля при повышении концентрации электролитов в растворах перестаёт адекватно описывать их состояние и требует введения дополнительных эмпирических членов, получаемых по экспериментальным данным и трудно прогнозируемых. Природа этих поправочных коэффициентов до сих пор вызывает

споры. Причём их вклад в коэффициенты активности может быть колоссальным. Например, для концентрированного раствора перхлората уранила среднеионный коэффициент активности достигает величины 1460, а у насыщенного раствора нитрата серебра он равен 0,09, то есть в 16 тысяч раз меньше. Причудливое поведение коэффициентов активности проявляется даже в растворах хлорида натрия (рис. 4). Если добавлять эту соль в раствор соляной кислоты, то его кислотность сначала падает, а затем резко возрастает, создавая иллюзию того, что концентрация соляной кислоты возросла в три раза! Оказывается даже нейтральная, химически инертная и всесторонне изученная поваренная соль способна преподнести сюрпризы. Конечно, только для тех, кто владеет логарифмами.

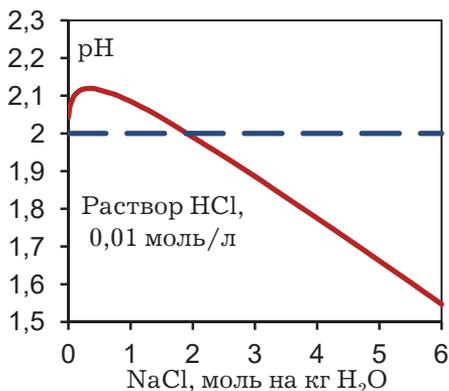


Рис. 4. Изменение кислотности раствора соляной кислоты при введении в него поваренной соли.

Пунктиром нанесена приближённая величина pH без учёта коэффициентов активности ионов

Логарифмы нужны также для понимания важнейшего для химии понятия константы равновесия хи-

мической реакции. Оно применимо лишь для обратимых процессов, «идуших не до конца», но таких химических реакций в природе большинство. Рассмотрим это на примере константы кислотности.

При растворении в воде слабой уксусной кислоты происходит распад некоторого количества молекул кислоты на ацетат-ионы – кислотные остатки и протоны:



Оказывается, что соотношение концентраций

$$\frac{C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot C_{\text{H}^+}}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}$$

при постоянной температуре не меняется и определяет силу кислоты, показывая, какая часть исходных молекул кислоты распадается. Эта величина называется «константой кислотности» и обозначается как K_a . Из молекул уксусной кислоты в водных растворах диссоциирует очень небольшая часть: концентрация ионов водорода в 0,1-молярном растворе составляет всего 0,0013 моль/л. А константа кислотности уксусной кислоты равна $1,74 \cdot 10^{-5}$.

На практике для слабых кислот по аналогии с водородным показателем pH удобно пользоваться отрицательным логарифмом константы кислотности $\text{p}K_a = -\lg K_a$, который часто и приводится в справочниках и учебниках. Так, для слабой уксусной кислоты $\text{p}K_a = -\lg (1,74 \cdot 10^{-5}) = 4,76$. Но есть кислоты намного более слабые, даже в трдециллион (т.е. в секстиллион секстиллионов или в 10^{42}) раз. Так, для метана величина $\text{p}K_a$ равна 48. Согласно этим расчётам концентрация ионов водорода в водном растворе метана должна

быть меньше одной частицы на литр! Действительно, диссоциация метана и других углеводородов – очень маловероятный процесс. Это объясняет, в частности, то, что изотопный обмен водорода в нефти и природном газе, контактирующих с подземными водами, практически не происходит даже за миллионы лет.

Между прочим, многие пользуются логарифмами и в обычной жизни, даже не подозревая об этом. Например, при записи очень малых или очень больших чисел в форме, включающей степень числа 10. В такой записи показатель степени при десяти – это и есть логарифм представляемого числа (если точнее – целая часть этого логарифма). Если бы мы излагали вышесказанное, не прибегая к логарифмам, то предыдущий абзац занимал бы полстраницы, причём большую часть текста составляли бы нули, из-за чего текст был бы очень трудно читаемым. А ещё часто в разговоре при сравнении чего-то с чем-то употребляется термин «на порядок выше» или «на порядок ниже», что соответствует различию величин в 10 раз и является просто логарифмическим представлением того же самого факта.

Хочется пожелать студентам и старшеклассникам, желающим связать свою жизнь с естественными науками, запомнить несколько значений десятичных логарифмов, которые помогут им ориентироваться в самых разных вопросах, решать непростые задачи и проводить сложные расчёты, даже не имея под рукой инженерного калькулятора.

Из них легко выражаются логарифмы многих других чисел по приведённым выше формулам. А легко запоминаемый десятичный логарифм от числа $e = 2,71828\dots$ открывает дорогу в мир натуральных логарифмов, особо важных для биологов и химиков, так как $\ln x = \lg x : \lg e$. С наилучшими пожеланиями приводим эту четвёрку логарифмов в помощь будущим учёным и инженерам:

$$\lg 2 = 0,301\dots$$

$$\lg 3 = 0,477\dots$$

$$\lg 7 = 0,845\dots$$

$$\lg e = 0,4343\dots$$

Из всех приведённых примеров можно сделать такой вывод. Вряд ли логарифм понадобится непрофессиональному животноводу и огороднику-любителю. В химии примитивной, когда надо что-то поджечь, взорвать, смешать, показать публике какую-то эффектную химическую реакцию, вполне можно обойтись и без логарифмов. Равно как и производителям суррогатного алкоголя, вопреки яркой сцене из комедии Гайдая, логарифмы вряд ли когда-то понадобятся. Но если мы говорим о химии и биологии как о точных науках, то здесь без знания логарифмов делать нечего. Все современные методы исследования, большинство расчётов, да и просто понимание сути многих химических и биологических явлений приводят к необходимости использования логарифмов. Так что давайте будем логарифмы любить, понимать и не будем бояться их использовать в своей жизни.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

«Папа – врач. Все детство слушала сказку про Спящую красавицу, которая впала в кому, и Принц разбудил ее, сделав искусственное дыхание. Правду узнала только в 15 лет».

Никогда не делай того, что нельзя быстро объяснить врачам скорой.



Эксперимент



Унтилова Анастасия Александровна

Ученица 9 класса Частного образовательного учреждения общего и дополнительного образования «Лаборатория непрерывного математического образования БиоТоп»

Активный ил для дорожных откосов: «за» или «против»?

Для решения многих актуальных проблем важно организовать проведение эксперимента. Эксперимент лежит в основе большинства естественнонаучных исследований. А чтобы результат эксперимента дал ответы на вопросы, их нужно корректно поставить. Предлагаем читателю пример экспериментального исследования в области экологии.

Все виды организмов, населяющих нашу планету, обладают способностью приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям среды обитания. Человек же научился адаптировать окружающую среду под себя.

Однако это глобальное приспособление окружающей среды под нужды человека обернулось множеством бед: на глазах таят подземные кладовые минеральных и энергетических ресурсов, в реки сбрасываются промышленные и бытовые стоки; плодородные почвы теряют гумус; вокруг городов образуются огромные свалки.

Ни один современный город не может существовать без очистных сооружений. Еще в начале XIX века одним из основных способов очистки сточных вод стал биологический метод с помощью активного ила в

аэрируемых аппаратах. На выходе мы получаем чистую воду, но остается осадок, в состав которого входит и активный ил (так называют ил очистных сооружений).

Активный ил могут населять полезные и болезнетворные бактерии, плесневые грибы, дрожжи, водоросли, личинки насекомых, рачки, яйца гельминтов. Сухой остаток активного ила на 70 – 90 % состоит из органических веществ и на 10 – 30 % из неорганических веществ. Содержание органического углерода – более 60 %. Все это делает активный ил достаточно ценным вторичным ресурсом, который необходимо использовать. Но до сих пор в огромных количествах, измеряемых миллионами тонн в год, он остается лежать мертвым грузом, занимая огромные площади, которые, кстати, могли бы использо-

ваться более рационально. К тому же из-за неправильной утилизации активный ил вредит окружающей среде, являясь одной из причин уничтожения естественных экосистем, и здоровью человека, ухудшая эпидемиологическую обстановку.

Поэтому проблема утилизации осадка сточных вод приобрела ост-

рый характер и нуждается в эффективном решении, которое мы попытались найти в рамках своего исследования. Мы рассмотрели возможность использования активного ила для укрепления и озеленения дорожных откосов, для этого нам было необходимо ответить на два вопроса.

Можно ли выращивать растения на грунте из ила?

Мы изучили влияние различных почвенных субстратов на развитие (всхожесть и рост) и продуктивность овса посевного. По 30 семян высевались в контейнеры с разным типом грунта: активный ил (измельченный); активный ил (крупный); ил – грунт дорожного полотна (соотношение 1 : 1); грунт дорожного полотна; универсальный готовый торфогрунт. Эти контейнеры мы поместили в фитотрон –

комплекс камер для выращивания растений в регулируемых искусственных условиях (температура, полив, воздухообмен, освещенность) (рис. 1). На 14-й день измерили биомассу и длину растений, фиксировали количество проростков. Для оценки развития растений анализировались показатели интенсивности фотосинтеза (по хлорофиллам *a*, *b* и каротиноидам) с помощью спектрофотометрии.



Рис. 1. Фитотрон до и после начала работы

Наибольшее количество взошедших семян наблюдается в контрольном эксперименте (универсальный готовый торфогрунт) и на измельченном активном иле (рис. 2). При одинаковой освещенности в фитотроне (естественное освещение) длина растений колебалась от 14 до 29 см, причем

этот показатель был выше всего при выращивании овса посевного на смеси (рис. 3). Средняя биомасса растений варьировалась от 0,2 г на мелком активном иле до 0,83 г на смеси (рис. 4). Полученные данные можно объяснить различным содержанием в почве питательных веществ.

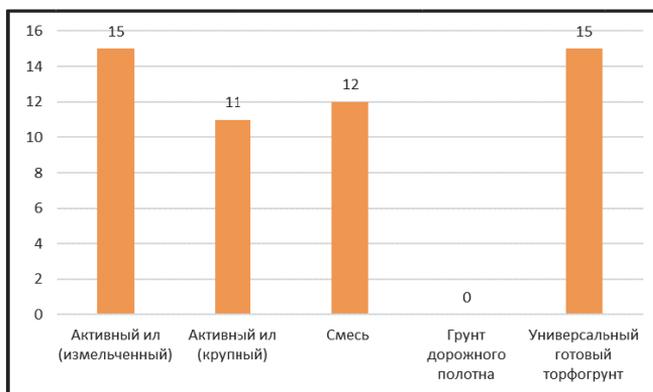


Рис. 2. Всхожесть овса посевного на различных субстратах, шт

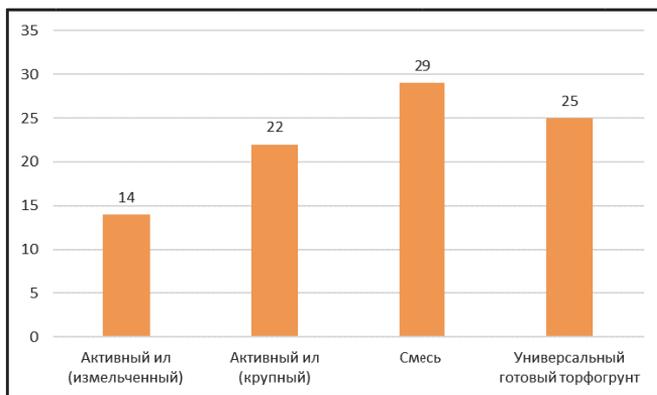


Рис. 3. Влияние типа субстрата на длину побега овса посевного, см

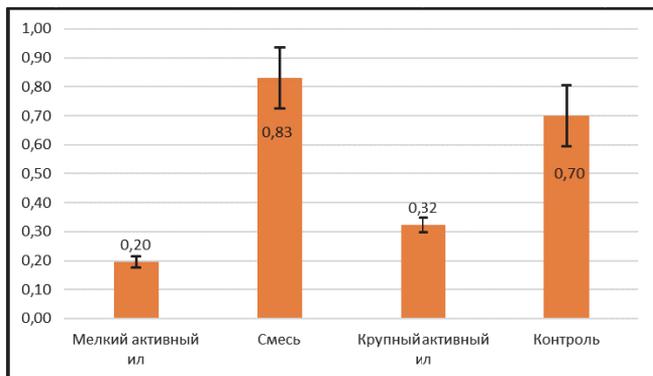


Рис. 4. Влияние типа субстрата на массу овса посевного (г)

Содержание хлорофилла в листьях связано с кислотностью почвы, а также с содержанием в почве химических элементов, таких как азот, железо и некоторые другие, а, сле-

довательно, и с плодородием почвы. Недостаток этих элементов быстро сказывается на окраске листьев вследствие разрушения в них хлорофиллов. Концентрация хлорофилл-

ла *a* в растениях, выращенных на крупном активном иле, значительно превышает его концентрацию на ос-

тальных грунтах, а на мелком активном иле концентрация хлорофиллов наименьшая (рис. 5).

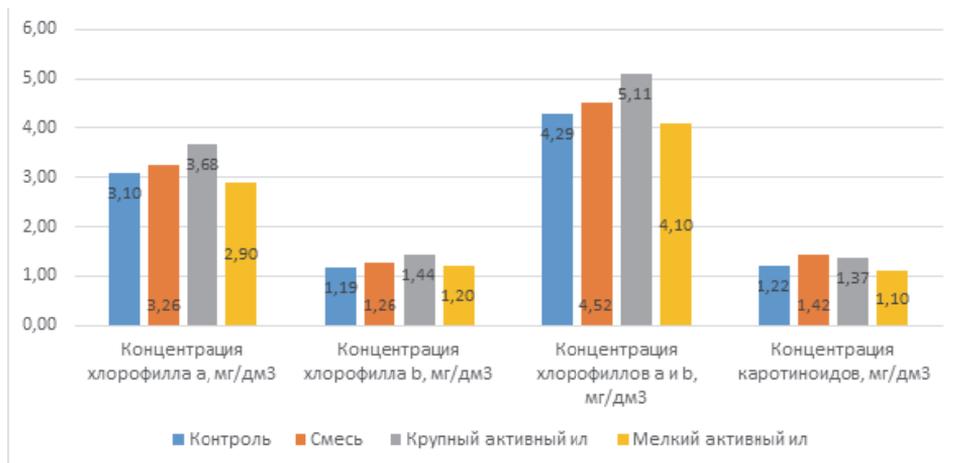


Рис. 5. Содержание хлорофиллов в листьях растений, выращенных на разных субстратах

Способен ли ил удерживаться на дорожном откосе?

Для укрепления дорожных откосов используется несколько вариантов, от применения бетонных плит до использования георешеток или посева трав. Уклон откоса должен соответствовать ландшафту окружающей среды и инженерным задачам. В строительстве используется параметр «угол естественного откоса» – это наибольший угол, который может быть образован откосом свободно насыпанного грунта в состоянии равновесия. По углам естественного откоса определяются максимально допусти-

мые углы откосов уступов и бортов карьеров, насыпей, отвалов и штабелей. Для грунтов, не обладающих сцеплением (сыпучих), угол естественного откоса не превышает угла внутреннего трения. Угол внутреннего трения определяется как угол, при котором грунт ещё неподвижен на поверхности.

Мы выкладывали субстрат на фанеру, которую постепенно поднимали, измеряя угол наклона. Угол, при котором большая часть грунта скатывается – это угол внутреннего трения.

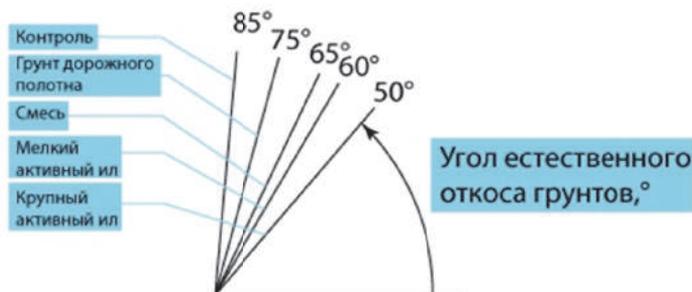


Рис. 6. Данные по измерению угла естественного откоса грунтов

Наибольший угол естественного откоса наблюдался для контрольного грунта (85°) и для грунта дорожного полотна (75°) (рис. 6). Это обусловлено структурой субстрата. В то же

время измельченный активный ил и смесь грунта и активного ила дает показатели, превышающие показатели обычных строительных материалов (30° – 45°).

Итоги нашего исследования

Согласно результатам проведенного исследования, развитие растений овса посевного происходит лучше всего при выращивании на субстрате, где присутствует активный ил; интенсивность фотосинтеза по хлорофиллам наибольшая на крупном активном иле. У смеси ила с грунтом дорожного полотна обнаружена наибольшая сила трения из исследуемых грунтов, однако она не превышает значение для контрольного грунта.

Итак, если использовать на откосах дорог в качестве почвогрунта

смесь крупного активного ила и грунта дорожного полотна, то можно получить положительный экологический эффект в виде озеленения дорожных откосов, большего выделения кислорода растениями и возможности возвращения в систему природопользования полигонов для складирования активного ила. С экономической точки зрения использование активного ила при строительстве дорог приведет к меньшим затратам на покупку и транспортировку песка и грунта.

Литература

1. Аликбаева Л.А., Сидорин Г.Ф. и др. Токсичность и опасность отходов урбанизированных территорий. // Казанский медицинский журнал, 2009, т. 90, № 4, с. 509 – 513.
2. Шигапов И.И., Кадырова А.М. Очистка сточных вод на животноводческих фермах. – М.: Аграрная наука, 2012, с. 30 – 32.
3. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга. / Ред. Кармазинов В.Ф. – СПб.: Стройиздат СПб, 1999. – 424 с.
4. Якушкина Н.И. Физиология растений. – М.: Просвещение, 1993. – 403 с.
5. Кретович В.Л. Биохимия растений. – М.: Высшая школа, 1986. – 96 с.
6. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
7. Петрунин В.В. Плата за негативное воздействие на окружающую среду в 2006 году. // Финансы, 2006, № 4, с. 25 – 30.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Лектор:

– Скрещиваем кота окраса «серебристый тиккированный фавн» и кошку золотую с мрамором «черепаха биколор» – что мы наблюдаем?

Голос из зала:

– Вязку мы наблюдаем!

– Нет, а что мы получим в результате?

Другой голос:

– Наверняка котят!

Хочу быть



Нечипоренко Юрий Дмитриевич¹

Старший научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН, работы связаны с изучением ДНК, РНК и математическим моделированием в биофизике

Параллельная ДНК

Развитие науки часто подводит разных учёных к открытию одновременно, и, казалось бы, совсем незначительные нюансы решают, кому суждено прослыть первооткрывателем. О том, как это случается, рассказывает писатель и ученый, стоявший у истоков открытия параллельной ДНК.

Молекула ДНК – самая главная в клетке, от нее зависит жизнь не только клетки, но и всего организма. Открыли структуру ДНК довольно давно, и вы, наверное, слышали про двойную спираль. Однако форм у этой спирали может быть много, и я оказался причастен к открытию одно из таких форм: «параллельной ДНК».

Я работаю в Институте молекулярной биологии Российской Академии Наук, и сама эта наука молекулярная биология считается относительно молодой – её отсчет ведут как раз от открытия структуры ДНК, с середины прошлого века. Наука эта базируется на «трёх книгах»: физике, химии и биологии, и основатель нашего Института академик Энгельгардт собрал в нём учёных этих трёх специальностей,

чтоб они могли сообща делать прорывные работы в этой области.

В конце 80-х годов профком Института оплачивал группе любителей большого тенниса аренду зала в Лужниках, и желающие занимались с тренером. В нашей группе было около десятка человек, и самым сильным соперником и верным партнёром для меня был Николай Андреевич Чуриков, первый генный инженер СССР, один из открывателей «прыгающих генов». Однажды Николай сказал мне, что его аспирантка случайно обнаружила в последовательности гена мушки дрозофилы участок, который был комплементарен участку другого гена, далеко отстоящего от него.

Тогда только начали определять последовательность ДНК разных

¹ Фото Л. Осепяна.

животных, и само по себе такое наблюдение не было сенсационным. Однако аспирантка по ошибке расположила последовательности не антипараллельно, а параллельно друг другу. Кто не знает, напомним: ДНК представляет собой двойную спираль, и две её нити идут навстречу друг другу, это называется «антипараллельно». Направление нитей задается остатками сахара, которые скрепляют между собой основания ДНК (да, гены наши купаются в сахаре!). Сахар этот представляет собой пятичленное кольцо, которое можно пройти в разные стороны, можно идти по кольцу от одного заместителя к другому в так называемом направлении «пять штрих – три штрих», а можно наоборот. Не буду мучить несведущих этими штрихами, а сведущие и так знают... Так вот, две нити в классической форме ДНК идут встречным образом, навстречу друг другу. А тут вдруг оказалось, что они могли бы пойти параллельно.

Николай обратился ко мне с вопросом, не мог бы я, как физик, проверить существование такой структуры. Хотя я уже давно не ставил экспериментов, а строил математические модели, но тема меня заинтересовала, что я решил заняться проверкой гипотезы.

Химик Борис Чернов синтезировал небольшую «шпильку», где две нити шли параллельно друг другу, и если бы их основания (те самые «буквы генов», которыми записана вся информация) смогли образовать пары, мы бы доказали принципиальную возможность такой необычной ДНК. Эксперимент мы придумали вместе: при образовании пар между основаниями в растворе обнаруживается гипохромный эффект – они как бы прячутся от света, закрываются, как улитки в раковине, и поглощение света ими уменьшается.

Мне надо было всего-навсего проверить, способны ли эти основания разных нитей при комнатной температуре образовывать пары, и таким образом гасить поглощение друг друга. Для этого есть простой прибор: «плавилка». Я мог плавно увеличивать температуру ДНК и смотреть за поглощением света. При температуре под 100 градусов ДНК плавилась, её нити расходились. Если бы основания не складывались в пары, то и при комнатной температуре наша шпилька поглощала бы свет так же, как при высокой. А если они складываются, то сигнал должен был меняться!

Долгими зимними вечерами 1988 года я плавил параллельную ДНК... Дома меня ждала семья, ждали рукописи первых рассказов и детская литература, в которую я уже готов был с головой уйти тогда – но параллельная ДНК было «круче» всего.

И вот она, радость открытия, вот оно, счастье учёного: я обнаружил сигнал, параллельная ДНК существовала! Тут мне пришлось отлучиться в марте на Неделю детской книги в Ташкент, где нас, молодых детских писателей, встречали с оркестром – и я уже давал автографы детям на промокашках... Это был пик жизни, я получил удивительные результаты и был принят, как писатель в компанию мэтров литературы!

Потом мы начали писать статью, но сперва захотели опубликовать тезисы для международной конференции, которая проходила летом в Тбилиси, чтобы «застолбить» своё открытие. Однако руководитель Бориса Чернова поставил условие: его имя должно стоять в нашем докладе. Тогда мы с негодованием отвергли такое проявление феодализма в науке и подали тезисы по другой теме... Мы начали писать статью, я что-то перепроверял, а осенью увидел

публикацию Тома Йовина из Германии, он показал существование параллельной ДНК на более простом полимере... Тут же мы срочно опубликовали свою работу в Докладах Академии Наук, потом в европейском журнале, но время уже прошло.

Всего на эту тему на нас вышло пять работ в разных научных журналах².

Потом уже этой темой стали заниматься многие люди, оказа-

лось, они спали и видели эту самую необычную «параллельную» ДНК. Мы же сделали совместную работу с китайцами, они смогли увидеть нашу параллельную шпильку вживую, в туннельном микроскопе, и я поехал в Китай, где купил первую настоящую, не деревянную теннисную ракетку, чтобы играть и дальше со своим соавтором Николаем Чуриковым – но это уже другая история.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Навыки настоящего учёного

Искусство соблюдения техники безопасности: За 15 секунд найти и подготовить к работе промывалки для глаз. Упражнение выполнять с завязанными глазами, прокрутившись вокруг своей оси 20 раз.

Искусство владения языком: Перевести любую курсовую работу студента 1 – 4 курса, написанную им самим, на русский язык.

Искусство владения обонянием: Изучить список реактивов, хранящийся в определенном шкафу, в течение 10 минут, после чего подойти к этому шкафу, открыть дверь на две секунды, понюхать и определить, банки с какими реактивами закрыты неплотно. Бонус – если вы за две секунды не упали без сознания, найти эти банки и закрыть их плотно.

Искусство терпения: С помощью колоночной хроматографии разделить смесь близких по строению природных соединений на тысячу фракций, каждая по 10 мл объемом. Каждую из фракцию испарить досуха, каждый 20-й образец, полученный после осушения, подготовить для изучения методом ЯМР, приготовив соответствующие растворы и заполнив все соответствующие внутри- и межкафедральные формуляры.

Искусство создания уникального оборудования: Используя пару хозяйственных перчаток, рулон изолянта, баллон с углекислым газом и все, что можно купить в хозяйственном магазине на сумму, не превышающую 2500 рублей, сконструировать перчаточный бокс, подходящий для работы по моделированию атмосферы Земли до появления жизни.

Искусство владения существующим оборудованием: Замените редуктор на баллоне с сжатым азотом, не используя никаких инструментов, кроме ваших рук.

² Публикации на русском языке:

Н.А. Чуриков, Б.К. Чернов, Ю.Б. Голова, Ю.Д. Нечипоренко Параллельные ДНК – возможность существования. Доклады Академии Наук СССР, 1988, 303, 1254 – 1258.

Чжу Цзин-Дэ, Ли Минь-Гань, Сюй Лю-Джун, Чжу Цзе-Цин, Ху Цзю-Юнь, Гу Минь-Мин, Сюй Яо-Лян, Чжан Лань-Пин, Хуань И-Ци, Б.К. Чернов, Ю.Д. Нечипоренко, Н.А. Чуриков. Основные характеристики параллельной двойной спирали ДНК по данным сканирующей туннельной микроскопии. ДАН СССР, 1991, 317, 1250 – 1253.



Сквозь время



Нечипоренко Юрий Дмитриевич¹

Старший научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН, работы связаны с изучением ДНК, РНК и математическим моделированием в биофизике

Научные путешествия. В Шанхай за нанотехнологиями

Одна из самых приятных обязанностей учёных – научные командировки в другие страны и путешествия на конференции, где можно встретиться с коллегами и обсудить задачи науки, рассказать о своих работах и узнать о новостях и достижениях.

Ниже описано одно из таких научных путешествий, в которых автор узнал много нового. Может быть, и читателю будет интересно узнать, как делается наука в разных странах...

Эта история произошла тридцать лет назад. Из Шанхая пришло письмо: китайские учёные увидели в наноскоп молекулы необычной формы. Молекулы им передали мы, а до этого собрали из отдельных заготовок, как конструктор, атом за атомом. Сейчас такую сборку и наблюдение за ней называют нанотехнологией, а тогда не думали, как назвать – думали, как сделать... Оставалось только съездить в Китай и на месте посмотреть в тот самый наноскоп – убедиться в том, что китайцы всё увидели верно, чтобы потом рассказать об этом всему миру.

Для этого выбрали меня, потому что как раз я возился с этими моле-

кулами, изучал их разными способами. Путешествие в Китай, поездка на две недели: что может быть интересней! Кроме того, у меня был личный, можно даже сказать, корыстный интерес – тогда в Москве невозможно было купить хорошую теннисную ракетку. Так что два интереса совпали в такой поездке: научный и личный. Хотя в науке любой вопрос имеет личный интерес: учёный думает с утра до ночи о молекулах, переживает, по ночам не спит, как будто речь идёт о любимой девушке...

Роль такой девушки для меня играла молекула ДНК – та самая молекула, в которой записана вся информация о человеке. Таинствен-

¹ Фото Л. Осеяна.

ная эта молекула хранит все гены человека, задаёт его наклонности и способности... Особенно интересова-ла меня жизнь этой молекулы: с кем она дружит, чем занимается, как ведёт себя в разных условиях. Эта молекула понравилась мне чуть ли не с детства, когда я увидел её изображение в школьном учебнике по биологии.

Издавека молекула ДНК напоминает косичку, две её нити переплетаются друг с другом. В эту косичку вплетены круглые и продолговатые бусинки. При помощи этих бусинок – нуклеотидов – записаны сигналы, которые посылает молекула организму. Косички могут быть уложены по-разному – так девушка может изменить причёску, чтобы послать своему поклоннику какой-то сигнал, сильнее тронуть его сердце. Про ДНК я написал целую главу в книге о клетке «Живой дом», которую мы издали вместе с Егором Егоровым два года назад².

Хотя сейчас уже расшифрованы все гены человека, о том, как они действуют, как разговаривают между собой, мало известно. «Причёска» молекулы ДНК, в которой косички уложены по-новому, может иметь для жизни клетки какое-то значение. Именно такую молекулу увидели китайцы. Поэтому ехать в Китай надо было без промедления, тем более что про эту новую «причёску» ДНК уже начали догадываться немецкие учёные – конкуренция здесь очень большая: кто быстрее разберётся, как выглядит молекула в новой форме, с заплетёнными по-другому косичками?

Так что поездка была отчасти бездельной, но очень важной. Можно даже сказать, что я ехал как инспектор – для проверки полученных китайцами результатов. Ведь это была

первая наша совместная работа, здесь нельзя было дремать: наука так устроена, что можно написать сто хороших работ, а потом один раз ошибёшься – и пиши пропало: позже тебе припомнят как раз эту оплошечку: заработать репутацию трудно, потерять – легко.

Полёт по маршруту Москва–Пекин проходит над Уралом, Сибирью и пустыней Гоби. Пустыня эта – самое сильное впечатление от полёта. Люблю глазеть в иллюминатор: сверху можно увидеть такие необычные виды, которых не нарисует ни один художник! Пустыня Гоби расположена в высокогорье, здесь почти не живут люди (и это в перенаселённом Китае). Тут нет ни растительности, ни живности, зато прекрасно сохранились скелеты динозавров, и экспедиции из разных стран нашли тут самые лучшие, лакомые для учёных останки древних ящеров. Сверху пустыня Гоби напоминает что-то вроде геркулесовой каши, обычно в такую кашу для вкуса кладут орехи или изюм – это же была каша с динозаврами.

Долго-долго летели мы над этими горами – больше тысячи километров в длину занимает пустыня Гоби! Но вот уже горы кончаются, мелькнула Великая Китайская стена – и мы приземляемся в аэропорту Пекина. Китай расположен гораздо южнее России, Пекин южнее Сочи... Поле аэродрома напоминает огромный противень на кухне гигантских размеров, где жарятся всякие вкусности – и пряный дым стоит столбом!

Ступая с борта самолёта в рукав коридора, натыкаешься на китайского пограничника, что стоит и смотрит на тебя, как на нарушителя границы – готов пристрелить на месте. Глаза его похожи на две свин-



Каша с динозаврами. Рисунок Саши Ивойловой

цовых пули: от такого взгляда у какого-нибудь человека с нечистой совестью – скажем, контрабандиста, который везёт запрещённый товар, – могут задрожать поджилки. Но какой товар можно везти в Китай, который сам своими товарами завоевал уже весь мир?

В аэропорту меня встречают два улыбочивых парня – машут бумажкой, где написана крупными буквами моя фамилия. Мы знакомимся, говоря на полупонятном друг для друга английском языке: ещё бы, ведь у них китайский акцент, а у меня – русский, так что от английского языка остаётся немного! Коверкая слова, ребята предлагают мне подкрепиться. Заходим в закусочную, где я принимаю боевое крещение: лопаю рис палочками. Мои провожатые, как заправские фокусники, вертят палочки в руках, показывают, что надо с ними делать, – и мне

удаётся поддеть и донести до рта пару щепоток риса!

Подкрепившись, мы берём такси и мчимся к центру Пекина. Сегодня – свободный день, можно погулять по городу и посмотреть чудеса китайской столицы. Самое интересное здесь – Гогун: запретный город, в котором жил император. Простым китайцам туда вход был заказан, но и император мог прожить всю жизнь, не покинув дворца. Так что непонятно, кто от кого был сильнее спрятан – народ от императора или тот от народа.

Огромная стена из красного кирпича окружает Гогун, что со стороны напоминает наш Кремль. Но в отличие от Кремля, который у нас до сих пор служит центром власти, Гогун – рай для туристов. Настежь открыты двери императорских покоев, желающим показывают коллекции драгоценных камней, всюду нефрит, золото и шелка... С этими красотами

может соперничать у нас разве что Зимний дворец и Петергоф в Питере – и то там нет такого изобилия чудесных вещей. Китайцы буквально помешаны на драконах: огромные стада мраморных драконов пасутся на площадях, следят за тобою с крыш, стоят у дверей, охраняя вход в покои. Драконы у них и защитники, и помощники, и кормильцы, в то время как у нас дракон – скорее чудовище, враг, которого надо победить. Георгий Победоносец на гербе Москвы гвоздит дракона пикой... А китайцы своих драконов любят, для них дракон – символ могущества и силы.

Налюбовавшись драконами императорского дворца, мы двинулись в гостиницу. Она расположена на краю Пекина, в университетском городке. Улыбчивые ребята, поселив меня в номер, сразу же испарились. Дело шло к окончанию рабочего дня, было часов пять – и тут я оказался в одиночестве. Этот первый китайский вечер меня несказанно удивил: я-то думал, что ко мне приставят какого-нибудь контролёра, чуть ли не того же пограничника с пистолетом, который будет следить за каждым моим шагом... Не тут-то было! После окончания рабочего дня я никого не интересовал, все бросились развлекаться по-своему...

Я тоже не хотел сидеть в номере, глаза в телевизор. Первым делом зашёл в ресторан при гостинице: здесь справляли весёлую китайскую свадьбу. Китайцы могут жить очень бедно, но на свадьбе принято шикавать. Было любопытно взглянуть одним глазком на жениха и невесту. Одеты они были по-европейски, как и все гости, стоял шум и гам, как на хорошей русской свадьбе, но было неловко в незнакомой компании, без знания языка – и я быстро ретировался.

Недалеко от гостиницы я обнаружил вход в парк. Во все стороны

от ворот разбежались десятки дорожек. Уже смеркалось, и здесь меня поджидали странные видения... Над дорожками на бреющем полёте с мелодичным звоном носились стаи светлячков. Приглядевшись, я обнаружил, что это летают компании китайских студентов и студенток на велосипедах с включёнными фонариками. Они звенели колокольчиками – и казалось, что весь парк заполнен стремительными призраками, которые устраивают здесь свой весёлый шабаш, вроде нашего праздника «Ночь на Ивана Купала».

Пробираясь по траве и среди кустов (по дорожкам идти было невозможно – там неслись цепочки велосипедов), я добрался до какой-то огромной фанзы – длинного дома с крышей, у которого края были загнуты вверх, по-китайски. Так строят в Китае до сих пор – для отпугивания злых духов, которые не смогут уцепиться за край крыши и влезть в дом, чтобы вам навредить. Я заглянул в окно этой фанзы и обнаружил там коридор во всю длину здания; в коридор выходили двери десятка комнат, и у каждой двери паслись по три-четыре велосипеда! Вот, оказывается, где живут эти «железные коники», на которых гоняют китайцы по парку! Видимо, это было обещание студентов, которые не могли расстаться со своими велосипедами, отпустить их более чем на пару метров.

В этом парке были подстриженные по-английски, листок к листку, газоны и кусты – и здесь же росли экзотические растения, которым место разве что в джунглях! Пальмы и лианы напоминали сразу всё, что я знал из уроков географии о фауне Африки, Азии и Австралии. Запахи и формы разных континентов столпились здесь вместе, в этом парке, который напоминал какой-то инопланетный Ботанический сад.



Инопланетный – потому что настоящими инопланетянами казались эти призраки на колёсах с фонариками во лбу.

Кентавр – это соединение коня и человека, а как назвать соединение велосипеда с человеком? В древности такого не знали... Наверное, это какой-нибудь «велотавр»! В детстве почти все носятся на великах; вырастая, превращаются из велотавров в двуногих пешеходов или четырехколёсных автомобилистов – а вот многие китайцы так и остаются двухколёсными до конца дней своих...

Когда миллионы китайцев несутся на велосипедах по улицам, кажется, что наблюдаешь лёт насекомых: мимо ползёт огромная туча, в которой, как жуки среди муравьёв, ворочаются машины и автобусы. Однажды я захотел перейти улицу в Пекине, где без светофора нескончаемым потоком ехали велосипеды и ползли автобусы. И что же: я простоял полчаса на одной стороне, так и не найдя зазора между велосипедами и машинами, чтобы перебежать дорогу. За это время рядом со мной появился десяток китайцев – и они легко, как призраки, просочились через этот поток. Им достаточно было зазора в метр между колёсами, чтобы туда двинуться. Мне же нужно было, по европейским меркам, метров двадцать свободного места! Чтобы успевать обработать такой поток информации, мозги у китайцев должны быть устроены по-другому.

Целью моего путешествия была научная лаборатория под Шанхаем, где работал доктор Ли Мин Квян, приславший мне приглашение. Доктор Ли договорился с пекинскими коллегами, что они встретят меня и покажут Пекин, его окрестности и Великую китайскую стену. Как же побывать в Китае и не увидеть зна-

менитой стены? Поэтому я задержался в Пекине на пару дней, чтобы поклониться туристическим святыням. Здесь был и Храм Неба, и подземные гробницы императоров, и много чего другого.

На Великую китайскую стену, которая окружала Китай в древности и защищала его от набегов злых соседей, мы доехали за пару часов на микроавтобусе. Стена эта, как говорят, долго была единственным творением рук человеческих, которое было видно из космоса. Сейчас такую придумали аппаратуру, что видно не только человека, но можно даже прочитать газету, которую он раскрывает.

Стена легко поднимается и опускается, идёт по горам, не минуя вершин! Китайцы немало потоптели над её строительством – каков же был их страх, каким ужасам разорения подвергались города Китая, можно только представить... После китайской стены была уже в XX веке построена берлинская, которую не так давно сломали. Народы всегда нуждаются в защите, людям нужны стены, чтобы укрыться от опасности и отсидеться... Каковы бы мы были без стен, как бы жили без крыши над головой?

Стены нужны для защиты от врагов и стихий, но нужны и ворота – для друзей, для торговли и путешествий. В давние времена был налажен Великий шёлковый путь, по которому из Китая в Европу шёл шёлк для королевских семей, богатых модников и модниц. Секреты происхождения шёлка китайцы хранили очень строго: ведь шёлк, в отличие от другой материи, дают не растения, а животные. Нити шёлка прядут гусеницы тутового шелкопряда – и никто об этом не должен был знать. Это был не единственный секрет Поднебесной Империи, как называли свою страну китайцы. И

секреты они умели беречь. Столетиями не пропускали к себе никого из Европы: товары передавали из рук в руки, и купцов оставляли на дальних подступах к Китаю.

Первыми европейцами, которые оказались в Китае, были фокусники и акробаты – они привезли сюда тот товар, который невозможно было передать из рук в руки, сдать на таможне и продать без их участия. Китай увидел европейский цирк! Они нам – шёлк, а мы им – цирк! Так народы с незапамятных времен обменивались лучшими изобретениями.

Вдоволь нагулявшись по Пекину, объездив окрестности, я сел на самолёт и полетел в Шанхай. Так как в Пекине разразилась гроза, пришлось подождать в аэропорту, пока рейс не разрешат. Здесь мы разговорились с англичанином, который тоже летел в Шанхай. Он работал в фирме, что писала программы для компьютеров. Европейцы уже обленились и сами программ не писали, заказывали работу китайцам. Так что он тоже летел в Шанхай как контролёр: чтобы принять работу.

В аэропорту Шанхая меня встретил доктор Ли – невысокого роста, загорелый, в очках, он был похож на черепаху Тортиллиу из сказки про Буратино и казался сгустком доброжелательства. Он встретил меня словами:

– В Китае говорят: «На небе есть рай, а на земле – Сучжоу и Ханчжоу». Вы их увидите!

Я понял, что и здесь меня ожидает лучшая программа.

На первые два дня я поселился в Шанхае, где доктор Ли показал мне биологические институты. Визиты в них напоминали восточную сказку: приходим мы в какой-то институт, расположенный в огромном здании, чуть не небоскрёбе. Первым делом поднимаемся в кабинет директора, который находится на самом верху.

Из окна кабинета открывается прекрасный вид на весь Шанхай и реку Хуанпу. Директор нас приветливо встречает, рассказывает минут пятнадцать о достижениях института, показывает главную лабораторию, а потом, потирая руки, говорит: время обедать! И мы со всей свитой: заместителями директора, учёным секретарём, доктором Ли и прочими важными особами отправляемся в ближайший ресторан, где часа два предаёмся чревоугодию. Обед в ресторане – отдельная тема, об этом потом. А пока расскажу, о чём говорил директор очередного института.

О тутовом шелкопряде, то есть о той гусенице, которая производит шёлковую нить. Главная лаборатория института изучает гусеницу шелкопряда, подбирает условия её выращивания, условия разматывания ниточек из кокона. И если можно добиться на один-два процента какого-то улучшения в работе шелкопряда (скажем, удлинения нити), то в пересчёте на весь Китай это приносит огромные прибыли! Так что целый институт может годами заниматься гусеницей шелкопряда, и такая гусеница кормит тысячи учёных!



Гусеница тутового шелкопряда
(http://cameo.mfa.org/wiki/File:Silk_worm_diag_wik.jpg)

Покормила эта гусеница и нас: мы расселись вокруг стола, покрытого огромным вращающимся подносом. И тут официанты начали метать большие блюда с креветками, кальмарами, рисом, уткой по-пекински – в общем, с самыми отъявленными яствами. Эти блюда покрыли весь поднос, который тут же закружился, как рулетка. Игра состояла в том, что надо было выхватывать по очереди из каждого блюда вкусные кусочки и бросать в рот (или складывать в свою тарелку, которая, слава небесам, не вращалась, а стояла).

Каждый раз можно было выбрать из огромного числа вариантов. А можно было просто хватать то, что на минуту остановилось перед тобой. За этой игрой во «вкусную рулетку» можно было проводить целые часы! Да, китайцы знают толк в удовольствиях!

После такого обеда директор отправлялся к себе в институт, а меня уже везли в гостиницу: программа очередного дня исчерпана. Когда меня оставляли одного, я брал карту Шанхая – и «ноги в руки». За отправной пункт выбирал памятник Пушкину, стоящий недалеко от гостиницы, и потом всё было уже просто: налево от Пушкина – бульвар, направо – торговая улица, и так далее. Этот памятник мне показал с большой помпой доктор Ли сразу по приезде в Шанхай. Он вывел меня на улицу и начал кричать:

– Великий русский поэт! Великий русский поэт!

Я не мог понять, чего это он раскричался, тем более что кричал он по-английски:

– Great Russian Poet! Great Russian Poet!

Потом он собрал все силы и заорал:

– Пшу-Чин!

Я никак не мог взять в толк, что он имеет в виду, мне даже подумалось,

грешным делом, что доктор Ли помешался.

Крики продолжались, но теперь он уже меня вёл к постаменту, на котором стоял чей-то бюст. Различить черты лица издалека я не мог, но увидел, что под бюстом написаны два иероглифа. Тут вдруг неожиданно для себя я обрёл такие знания китайского, что смог прочитать: Пуш-кин! И сразу же увидел рядом надпись на русском. Крики доктора Ли могли говорить только о величайшем почтении, которое он испытывал к нашему поэту, русской литературе и России вообще.



Памятник Пушкину в Шанхае
<https://videoru.cgtn.com/editor/2018-10-29/3d6b544d7939476470525752/video/e8cebe81f4054bb5a951e1095b6ce241/e8cebe81f4054bb5a951e1095b6ce241.jpg>

От Пушкина для меня начинались три дороги в город Шанхай. По центру пойдёшь – в Старый город придёшь... Старый город, который я высмотрел по карте, никто из китайских учёных мне показывать не хотел. Наверное, они стеснялись его вида, потому что это была не какая-нибудь крепость с домами знатных господ, как в Европе, а что-то совсем противоположное. Недаром же за Шанхаем закрепилось такая слава, что самые страшные трущобы во многих городах называли «шанхаем» или «шанхайчиком». И вот я захотел посмотреть на прообраз этих трущоб, на модель, по которой, как по

лекалу, делались шанхайчики по всему миру.

Вооружился я картой и двинулся по широкой улице от Пушкина к Старому городу. Дорога должна была вывестись прямо туда, но вот улица как-то сузилась и стала поворачивать. Я не мог сообразить, где нахожусь: карта была китайской, там везде были иероглифы, а я их даже примерно не мог разобрать. Знание русского, английского и нескольких букв греческого (из уроков физики и математики) не очень помогало. Смотрю я на карту – там какой-то иероглиф, похожий на букву «Р» с хвостом. А на уличном указателе буква «Р» с рогами. Одно и то же это или нет?

Я даже вспотел от напряжения. К тому же учтите, что я там был единственным «белым человеком» и китайцы смотрели на меня, как на идиота. Прётся какой-то европеец с картой и пытается задавать вопросы на непонятных языках! Я зарёкся спрашивать и решил во всём разобраться сам. В третий раз пройдя один и тот же указатель, понял, что иду по кругу. Как раз вокруг Старого города! Такой, как там, бедности я ещё не видал: помой выливались прямо на дорогу, в окнах низеньких старых домов виднелись такие маленькие комнатки, в которых могли бы жить только карлики. Обстановка была нищенской: гвоздь в стене вместо шкафа и лежанка, покрытая циновкой, вместо кровати с одеялом!

Я забрёл в такие трущобы, из которых выбраться самому было трудно; на моё счастье, молодой китаец, кое-как знающий английский, указал мне дорогу к набережной. Здесь мне не очень понравилось: у парапета стояли расфуфыренные дамочки и шныряли ребята, с которыми не хотелось иметь ничего общего. Отсюда я вышел на Английскую набережную: это было всего несколько

зданий, но стиль их трудно спутать с чем-нибудь ещё. Англичане специально строили в колониях и по всему миру такие помпезные здания, чтобы «туземцы» понимали силу и мощь «белого человека» и боялись даже помышлять против него.

Так, прогулявшись между дворцов и трущоб, я вышел на бульвар, который украшали пальмы, и собирался было двинуться к Пушкину, но не тут-то было! Бульвар был занят толпой народа. Как только я попытался пройти мимо них, все как один прыгнули навстречу. Я опешил: представьте себе, что человек сто прыгнет одновременно и выбросит руки в вашем направлении. Но потом они прыгнули в другую сторону – оказалось, это старички и старушки занимались гимнастикой тай чи, которая продлевает жизнь и улучшает настроение. Кое-как протиснувшись сквозь эту «группу здоровья», я вышел на финишную прямую и вернулся мимо Пушкина в гостиницу в полночь.

Путешествие по Шанхаю имеет одну сторону, к которой трудно привыкнуть европейцу: здесь народ такой непосредственный, что каждого иностранца осаждают приветствиями. Кто умеет, приветствует по-английски: хеллоу! Не знающие иностранных языков кричат: нихао! Это не очень удобно, потому как считается правилом хорошего тона на приветствия отвечать, – вот приходится им всем кивать, улыбаться и тоже что-то бормотать: нихао, хеллоу, нихао! Ходишь по городу с приклеенной улыбкой, как клоун, и киваешь всем, а они радуются, словно перед ними большая игрушка, секрет которой они знают. Дёрнешь за верёвочку – игрушка и пропоёт: нихао! Выбившись из сил, вваливаешься в номер, включаешь телевизор – и видишь знаменитого актёра Бельмондо, который с экра-



на тебе говорит: нихао! Это показывают французский фильм с китайским дубляжом.

После пары дней в Шанхае мы поехали в конечный пункт назначения – научный городок под Шанхаем. Здесь расположен Институт ядерной физики, в котором работает доктор Ли. Тут он и рассмотрел в микроскоп образец молекулы ДНК, который мы им передали.

Городок этот маленький, но очень опрятный, он чем-то похож на наш город Дубну, где тоже занимаются исследованиями атомного ядра и отдельных молекул. Ядерные физики здесь занимаются вопросами жизни на молекулярном уровне. Им ничего не стоит сделать новый прибор, который бы мог увидеть молекулы. Именно такой прибор спаяли несколько студентов и аспирантов под руководством доктора Ли – он назывался «туннельный микроскоп» (ещё его именуют «наноскопом», потому что он позволяет видеть молекулу размером в нанометр – одну миллиардную часть метра). Внешне прибор выглядел как электрический чайник, к которому присоединён компьютер. Туннельным такой микроскоп называется потому, что основан на эффекте туннелирования – то есть перескакивания электронов без проводов, как по невидимому туннелю, с молекулы на электрод. Тонкая игла движется над поверхностью, на которую осажены молекулы из раствора. Там, где лежит ДНК, расстояние до иглы уменьшается, электронам легче допрыгнуть до иглы – увеличивается ток. Чем толще молекула, тем сильнее ток. Так на экране компьютера можно увидеть контуры молекулы.

Ток очень маленький: наноамперы! Амперы бегут у нас по проводам, а чтобы получить наноампер, надо разделить силу тока на миллиард раз! Малейшее воздействие извне

может сбить такой тонкий эксперимент. В большом городе его невозможно было провести, потому что даже от того, что трамвай пройдёт по соседней улице, возникают колебания почвы, от которых прибор может потерять сигнал! В маленьком городке и то приходилось работать ночами: включение любых приборов и установок в институте вредит наблюдениям. Кроме того, наши молекулы ДНК маленькие, найти их в растворе нелегко. Долгими ночами доктор Ли сидел за прибором и искал молекулу ДНК, как будто ловил льва в пустыне, пока не обнаружил пару штук.

Так он получил их изображение. Я сам попробовал работать на приборе и убедился, что всё честно: китайцы нашли и описали нашу молекулу! Ай да китайцы, ай да молодцы! Молекула лежала на дне капли воды, как драгоценное жемчужное ожерелье на дне бассейна. Микроскоп увеличил молекулу в сто миллионов раз, так что удалось разглядеть, как она устроена. Попробуйте увеличить каплю в сто миллионов раз – получится озеро или бассейн в сто тонн воды!

Оказалось, совсем молодые ребята смогли спаять из подручных дета-



Компьютерная фотография «параллельной» молекулы ДНК

лей такой прибор. С одним из них я познакомился поближе и подружился. Звали его Вэй, было ему всего лет двадцать. Доктор Ли отрядил его со мной обедать. Сколько дней я был в лаборатории, столько раз мы обедали с Вэем. Мне он показался необычным китайцем, незаурядным студентом – мы говорили с ним не только о науке, но и о литературе, религии, о жизни в Китае. Он мне рассказал много интересного. Например, когда меня повозили по разным буддийским храмам и монастырям вокруг, стало интересно, какую же религию исповедует большинство китайцев, во что они верят? Я спросил об этом у Вэя. И он мне ответил:

– Religion of personality.

То есть религия личности! Главная задача китайца – стать личностью, значимой персоной. Теперь понятно, почему у Китая такие большие достижения: если люди стремятся к саморазвитию, потенциал страны огромен.

Мы обедали в институтской столовой, где нас кормили просто и очень вкусно. Мы сидели с Вэем за специальным столом с белой скатертью, отдельно от всех, и обсуждали мировые проблемы. Когда наступили выходные, Вэй пригласил меня прокатиться на велосипеде. В компании таких же, как он, студентов и аспирантов мы поехали мимо рисовых полей к великой китайской реке Янцзы. У этой реки я рассказал Вэю про другую реку – нашу Волгу, и даже спел ему песню «Из-за острова на стрежень». Может, спел я и не очень складно, но мне надо было показать мощь нашей реки, так что басил я, как мог.

Вэй спел мне старинную песню о китайской реке, а потом, на обратном пути, предложил заехать в один из домиков, которые стояли по краям полей. Мы заглянули к хозяйке, которая оказалась парикмахершей: на

свой домик и поле она заработала, подстригая волосы. Тут же был и её папа – старичок, который возился на поле, был и сынок с мотоциклом «Ямаха». Китайцы жили что надо: клочок поля, который они обрабатывали, был размером метров 30 на 50, но они были этим очень довольны. Такие же поля были у всех вокруг, тут не было отдельных дачных городков – во все стороны, куда доставал глаз, стояли домики, которые местами сходились то гуще, то реже. К большим городам дома сгущались настолько, что стояли плечом к плечу.

Не забуду, как Вэй пригласил меня в ресторан и угостил на свои студенческие сбережения. Все остальные деньги, которые тратили на меня в Китае, были государственными, они полагались для приёма иностранца. А вот эти были личными сбережениями. Как мне стыдно до сих пор, что я не настоял и не вошёл хотя бы в долю с ним в расплате за то угощение...

Доктор Ли сдержал обещание, он отвёз меня в города Сучжоу и Ханчжоу, я поразился и прекрасным храмам, и чудесным паркам, и фантастическим пейзажам.

В городе Сучжоу мы остановились в университетской гостинице, где встретили преподавателя английского языка из Эдинбурга. Мы разговорились, и я спросил, почему его занесло так далеко от дома. Он сказал, что после жизни в Азии и Африке уже не может находиться в Европе, он возвращается домой только на каникулы к родителям, потому что считает, что Англия превратилась в игрушечную, конфетную страну. Настоящая жизнь тут – где природа ещё не приручена до конца, не побеждена комфортом цивилизации и не превращена в дойную коровку, которую можно использовать и получать барыши. Где ураганы, смерчи и трудности, где

бушуют страсти, на границе жизни и смерти – настоящая жизнь. Я вспомнил пушкинские слова:

*Есть упоение в бою,
И бездны мрачной на краю...*

Да, здесь есть ощущение первозданности жизни с её ужасами и прелестями. Но больше всего меня тронула в Китае доброжелательность, дружелюбие и готовность к самопожертвованию, которую я увидел в молодых учёных. Это они сделали такой уникальный прибор, они принимали меня как родного, они говорили, что давно слышаны были о духовной силе русского народа...

Расстались мы настоящими друзьями. Потом, уже в Москве, я получил от Вэя письмо с фотографиями наших поездок на велосипедах и поздравление с Новым годом. Но тогда я как-то очень сильно был занят и не ответил ему. Прошло несколько лет, я бросился искать его – но было уже поздно. Сейчас я жалею больше всего, что не написал Вэю. Конечно, я купил теннисную ракетку, отлично поиграл в теннис, пока не появились

такие ракетки и у нас. Ракетку найти легко, а вот друга найти гораздо сложнее. Вэй закончил аспирантуру и куда-то переехал, его следы затерялись. Осталась только фотография, как мы стоим на берегу Янцзы.

Так получилось, что ехал я в Шанхай за ракеткой, а нашёл там друга. Но это я не сразу понял – глубокие чувства проявляются со временем. Прошло много лет, многое изменилось и в Китае, и у нас, а я всё сильнее казню себя за то, что не ответил Вэю. От посещения Китая у меня осталось два главных чувства, которые смешиваются в душе: восхищение великой китайской культурой и стыд за свою неблагодарность.

Всем, кто принимал меня и помогал в Пекине и Шанхае, я дарил маленькие сувениры из России: ложки с олимпийской символикой, оставшиеся у меня от Московской Олимпиады. Китайцы очень были рады, они любят символику и очень уважают Олимпиаду. И когда прошёл десяток лет с тех пор как я посеял в Китае ложки, они дали свои всходы: Олимпиада пришла в Пекин!

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Олово



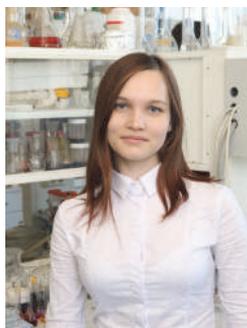
Если можно сказать, что на углероде построена жизнь, то на олове построена значительная часть промышленности. Начиная от изготовления пищевой тары – ведь покрытия из олова нетоксичны, – заканчивая использованием радиоактивных метастабильных изотопов ^{117m}Sn и ^{119m}Sn в качестве источника γ -излучения. И это не говоря об оловянных бронзах – одном из первых сплавов древности. В честь этого сплава даже назвали целую эпоху: «Бронзовый век». Надежность, прочность, маленький процент усадки делают бронзу необходимым материалом и в наши дни.

Однако стоит сказать, что чистое олово очень хрупкое и не выдерживает низких температур. Поэтому его можно назвать уникальным помощником, ведь в соединении с другими металлами и элементами олово создает уникальные материалы.

Максим К.



Калейдоскоп



Козлова Таисия Олеговна

Младший научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, аспирант Факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Иванова Ольга Сергеевна

Кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук



WO₃ против TiO₂: битва за радикалы

Объемные и нанокристаллические материалы на основе оксида вольфрама широко используются в качестве фото- и электрохромных материалов, а также материалов для биомедицинских применений. Оригинальная статья авторов «Photochromic and Photocatalytic Properties of Ultra-Small PVP-Stabilized WO₃ Nanoparticles»¹ посвящена исследованию влияния катионов натрия и аммония на фотохромные свойства водных золей WO₃, стабилизированных поливинилпирролидоном. Золи были синтезированы различными способами: либо непосредственно из растворов вольфрамата натрия или аммония, либо ионообменным методом с получением вольфрамовой кислоты в качестве промежуточного продукта. Было показано, что присут-

¹ D.A. Kozlov, A.B. Shcherbakov, T.O. Kozlova, B. Angelov, G.P. Kopitsa, A.V. Garshev, A.E. Baranchikov, O.S. Ivanova, V.K. Ivanov. Photochromic and Photocatalytic Properties of Ultra-Small PVP-Stabilized WO₃ Nanoparticles // *Molecules*, 2020, 25(1), 154. DOI: 10.3390/molecules25010154. Ссылка на статью на сайте журнала: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/1/154>.

ствии катионов натрия в золях способствует частичному восстановлению W^{+6} до W^{+5} под воздействием ультрафиолетового облучения, что сказывается на фотохромных характеристиках материалов. Кроме того, в реакции с метиловым оранжевым и наночастицами диоксида титана было выявлено, что синтезированные золи WO_3 обладают выраженными фотовосстановительными свойствами, благодаря которым могут служить фотопротекторами в процессах фотоокисления.

В предлагаемой статье, помимо веселого изложения перечисленных результатов, представлена гипотетическая ситуация, как наночастицы триоксида вольфрама могли бы пригодиться в солнцезащитной косметике благодаря предохранению клеток кожи от опасного фотокаталитического воздействия наночастиц диоксида титана, широко используемых в УФ-протекторных средствах.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 18-73-10150).

Глава 1. Меж двух огней

На ничего не подозревающий город Кожинск обрушилось несметное число стрел солнечных войск. Мирные жители, только недавно выполнявшие свои повседневные дела, с ужасом смотрели на ослепительно сияющий горизонт, таивший в себе опасность. Большинство стрел не причиняли большого вреда городу, но особые – ультрафиолетовые – зачастую несли массовые разрушения. Бывало так, что эти стрелы прямо на месте испепеляли ни в чем не повинных горожан, а случалось и такое, что они наносили, на первый взгляд, незначительные порезы, которые лишь спустя некоторое время начинали причинять невыносимую боль и страдания. Иногда болезнь передавалась и соседям потерпевшего, что в итоге могло привести к недееспособности целых районов, сильно ослабляя ресурсы города.

Вот прозвучал сигнал тревоги, и улицы города стали наполнять его защитники – оксидтитановые отряды, основной задачей которых было блокировать удары ультрафиолетовых стрел. Жители вздохнули с облегчением и, несмотря на продолжающийся обстрел, занялись своей

работой – им нельзя было надолго отвлекаться, чтобы город продолжал функционировать в прежнем режиме. Оксидтитановые отряды неплохо справлялись со своей задачей, что было неудивительно – ведь они являлись наемниками, и защита города от атак солнечных войск была их прямой обязанностью. Отрядов было огромное множество, все наемники носили доспехи белого цвета, отчего и сам город сейчас со стороны выглядел белоснежным, хотя его жители предпочитали носить одежду розовых оттенков.

С момента появления наемников в городе нападения солнечных войск стали представлять меньшую опасность для его обитателей. Раньше восстановление последствий атак занимало месяцы, теперь город практически сразу приобретал прежний вид. Однако присутствие оксидтитановых отрядов, как оказалось, не было уж таким безвредным. Среди наемников нередко встречались мародеры – чаще всего это были бойцы, неоднократно переносившие ранения от ультрафиолетовых стрел. Эти двуличные наемники хudo-бедно справлялись со своими

прямыми обязанностями, но в основном сами устраивали хулиганства и вредили местным жителям. Их разбойное поведение даже стали называть специальным словом – фотоокисление. Бывало так, что жертвами фотоокисления становилось не меньшее количество горожан, чем пострадало от прямых нападений

врагов. У наемников не было своего оружия, однако те, кто получал удары стрел, с помощью их наконечников отсекали водород от безобидных молекул воды, в избытке находившихся на улицах города, и мастерили острые кинжалы – гидроксильные радикалы, которыми угрожали местному населению.

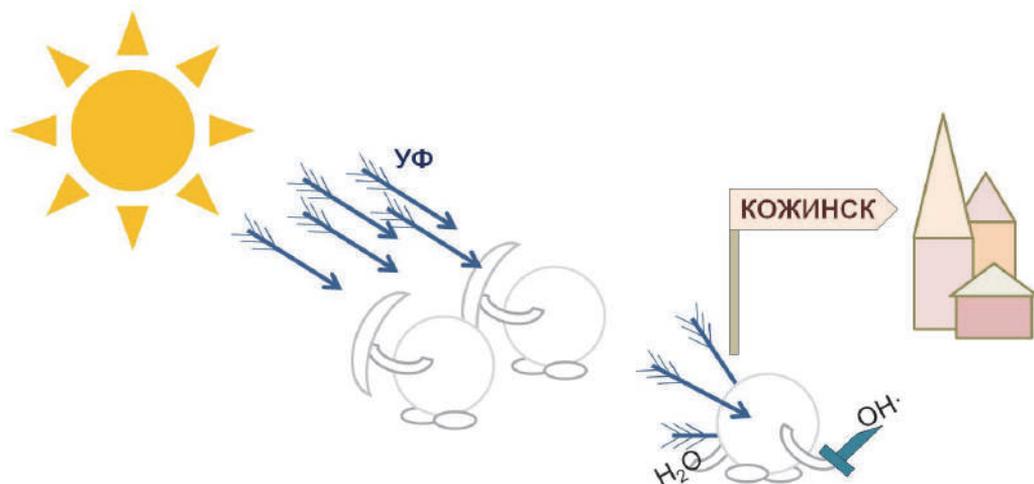


Рис. 1. Защита Кожинска от атаки солнечного войска и появление оксидтитановых мародеров с гидроксильными радикалами

Глава 2. Шанс на спасение

Можно легко себе представить, что для жителей Кожинска ситуация казалась безвыходной – с одной стороны, они не могли отказаться от услуг наемников, ведь тогда им нельзя было бы защититься от солнечных войск, с другой стороны, сами наемники представляли угрозу. И вот, когда, казалось бы, обстановка стала критической, до населения дошли слухи из других подобных городов о том, что с этой проблемой можно бороться – нужен контроль над наемниками. Кто-то привлек себе в помощь оксидцериевые дружины, кто-то заручился поддержкой органических агентов. Впору было задуматься о привлечении в Кожинск профессионалов, способных

обуздать мародеров, и жители незамедлительно объявили о поиске достойных защитников.

Прошло некоторое время, и в город стали стекаться группы желающих заявить о себе. Все претенденты были выходцами из оксидвольфрамовых подразделений, каждый отряд состоял из большого количества бойцов – оксидвольфрамовых частиц. Жители Кожинска уже были научены горьким опытом и не могли доверить столь важную миссию первым встречным, поэтому они проводили тщательную проверку вновь прибывших. Для этого были устроены соревнования, позволявшие выявить наиболее подготовленных участников.

Глава 3. Претенденты

Основными претендентами на победу было два отряда, главное отличие которых друг от друга заключалось в том, что составлявшие их боевые единицы – оксидвольфрамовые частицы – поразному появились на свет. Частицы первого отряда возникли в котле с горячей водой, содержащем вольфрамовую кислоту H_2WO_4 и поливинилпирролидон (поливинилпирролидон – это безобидный органический полимер, который контролирует рост зародышей оксидов вольфрама и защищает их от внешней среды, укутывая, словно кокон). Частицы второго отряда появились в аналогичных условиях, но вместо вольфрамовой кислоты их предшественником выступало вольф-

рамсодержащее соединение более сложного состава.

Каждый отряд разделили на две команды по одному существенному признаку – вид оруженосцев. Были натриевые команды, где оруженосцами оксидвольфрамовых бойцов служили катионы натрия, готовые прийти на помощь в трудных ситуациях. В аммонийных командах оруженосцами были катионы аммония. Итого в соревнованиях принимало участие четыре команды. Все частицы вне зависимости от отряда и команды были закутаны в толстые поливинилпирролидоновые накидки. Самыми толстыми накидками была обмундирована натриевая команда с наиболее рослыми бойцами, которые вели свое происхождение от вольфрамовой кислоты.

Глава 4. Испытание стрелами

Целью первого испытания было выяснить, как поведут себя участники в присутствии ультрафиолетовых стрел. Раздался сигнал начала состязаний, и команды с натриевыми оруженосцами поспешили выстроиться в боевом порядке, в то время как аммонийные остолбенело смотрели на летящие стрелы и даже не пытались укрыться от жалящих наконечников. С трибун послышалось улюлюканье и выкрики с призывами удалить трусов с арены.

Но вопли скоро сменились удивленным перешептыванием – внимание к себе привлекли участники натриевых команд, одежды которых из светло-желтых постепенно приобретали синюю окраску, причем, чем больше стрел застревало в их накидках, тем более темного оттенка становилось обмундирование. Такое изменение было вызвано тем, что при попадании стрелы в поливинил-

пирролидоновую защиту по накидке пробежал электрический разряд, и электроны перекидывались на самих бойцов, прожигая дыры в обмундировании. Однако помощники – катионы натрия – тут же бросались на помощь бойцам, быстро прикрепляя заплатки и закрывая прорехи, что в итоге приводило к изменению цвета всего отряда. Команда с крупными бойцами в меньшей степени была подвержена цветоизменению (фотохромизму) под действием ультрафиолетовых ударов.

Обстрел достаточно быстро завершился, и аммонийные команды с пораженческим настроением отправились восвояси. Натриевые команды, в свою очередь, принялись убирать заплатки и аккуратно зашивать поврежденные места прямо на поле боя и тем самым снова заставили ахнуть зрителей – почти так же быстро, как только что одежда бойцов

синела, теперь она вновь приобретала прежний окрас.

Нетрудно догадаться, на чьей стороне оказались симпатии судей,

кое-кто даже предложил повторить состязание, чтобы снова полюбоваться на смену цветов. Однако впереди уже было новое испытание.

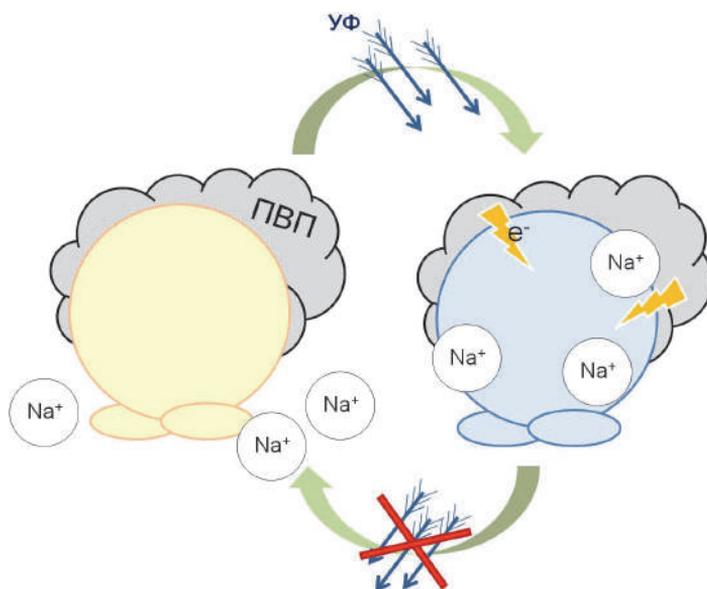


Рис. 2. Упрощенный механизм обратимости фотохромных свойств наночастиц триоксида вольфрама

Глава 5. Сражение с оксидтитановыми наемниками

Судьи посоветовались и решили, что им достаточно будет оценить, как поведет себя натриевая команда первого отряда: если они справятся с испытанием, то и натриевую команду второго отряда также пригласят к сотрудничеству, ведь в прошлом испытании они все показали себя с выгодной стороны.

Пока участники восстанавливали силы, на арену пригласили нескольких наемников оксидтитанового авангарда, чтобы они подготовились к следующему состязанию. Эти бойцы неоднократно были уличены в разбойных выходках. Сейчас они находились в благодушном настроении, но стоило выпустить в их направлении несколько ультрафиолетовых стрел, как поведение наемников резко изменилось – они стали

по привычке мастерить гидроксильные радикалы. Но вот только им не на ком было выместить свой гнев – в ближайшем окружении никто не появлялся. Тогда к ним выпустили огненно-рыжих ящерок, принадлежащих к роду *метилловый оранжевый*. Эти вертлявые бестии не обитали в Кожинске, но имели некоторое сходство с жителями, потому их иногда использовали для оценки степени агрессии у оксидтитановых наемников. Дело в том, что наемники не причиняли своими кинжалами ящеркам большого вреда – чаще всего им отсекали хвост, который был способен к восстановлению. Однако при потере хвоста огненный окрас у ящерок пропал, и они становились почти бесцветными – поэтому было легко понять,

насколько оксидтитановые наемники злонамеренны.

Вот и сейчас, когда оранжевое пятно приблизилось к оксидтитановым наемникам, те стали пускать в ход свои гидроксильные радикалы. Ящерки бросились врассыпную. В этот момент прозвучал сигнал начала второго состязания, вновь полетели ультрафиолетовые стрелы, и

на поле боя появились оксидвольфрамовые бойцы. Они незамедлительно бросились ящеркам на защиту, стремясь уберечь их от фотоокисления. Для этого им нужно было обезвредить мародеров – отобрать у них гидроксильные кинжалы. И натриевая команда с блеском справилась с этой задачей, применив свою методику – фотовосстановление.

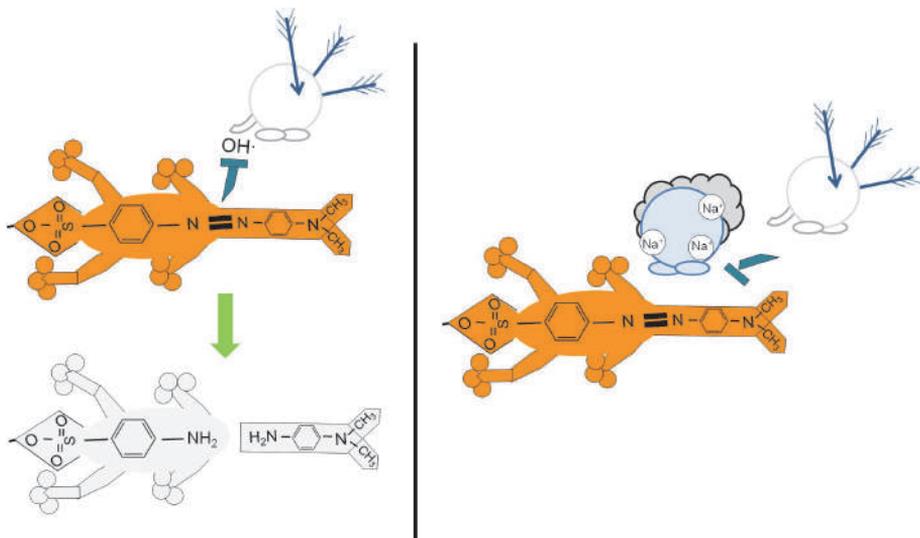


Рис. 3. Слева: нападение оксидтитанового наемника на ящерицу рода «метилловый оранжевый» и отсечение ее хвоста гидроксильным радикалом. Потеря хвоста сопровождается обесцвечиванием окраски ящерицы. Справа: защита ящерицы оксидвольфрамовой частицей

Обезоруженные оксидтитановые наемники были потрясены мастерством соперников и признали, что с таким контролем им действительно будет непросто вредить местному населению. Более того, они предложили оксидвольфрамовым частицам стать их напарниками, чтобы те вовремя могли остановить

их от необдуманного поступка. Ведь на самом деле оксидтитановым бойцам и самим не нравилось свое поведение после атак солнечных войск с ультрафиолетовыми стрелами, и они были готовы принять помощь, чтобы город оставался защищенным как от внешних врагов, так и от внутренних.

Хэппи-энд

Проведенные состязания помогли заложить основы крепкой дружбы и плодотворного сотрудничества между разными оксидами. Оксидтитановые и оксидвольфрамовые частицы стали проводить совместные

учения, чтобы учесть все нюансы и просчитать варианты развития событий в различных стрессовых ситуациях в зависимости от окружения. Однако это уже совсем другая история...

1. По квитанции через Сбербанк

Электронная подписка

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

edu-potential.ru
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);

2. На сайте журнала (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!



ЗАОЧНАЯ ШКОЛА СУНЦ МГУ

объявляет набор на 2020–21 учебный год в 7 – 9 классы.

Основная задача Заочной школы – развитие интереса школьников к математике, физике, информатике, химии и биологии, а также повышение общеобразовательного уровня учащихся. Заочная школа не ставит своей целью подготовку учащихся к поступлению в СУНЦ МГУ.

Обучение проводится по пяти основным предметам: математика, физика, информатика, химия и биология – и по двум дополнительным: география и английский язык. Учащийся должен регулярно выполнять задания как минимум по трем основным предметам (на свой выбор).

Обучение в Заочной школе бесплатное. Отбор – конкурсный.

Для участия в отборе необходимо:

1. Оставить заявку на поступление в Заочную школу на 2020–21 учебный год в Личном кабинете СУНЦ МГУ.

2. Пройти отборочные испытания в форме интернет-тестирования в сентябре 2020 года (с 12.00 15 сентября по 18.00 21 сентября, время московское). Тестирование можно пройти в любой удобный момент в эти дни.

Интернет-тестирование будет проводиться:

– для учащихся 7 классов – по математике и физике либо по математике и биологии (по выбору школьника);

– для учащихся 8 и 9 классов – по 3 из 5 предметов: математика, физика, химия, биология, информатика (по выбору школьника).

Подробную информацию см. на <https://internat.msu.ru/distantionnoe-obuchenie/zaochnaya-shkola-sunts-mgu/> и по ссылкам с этой страницы.

В следующем номере:

- ✦ Ядерный магнитный резонанс или волшебная палочка для химиков. *Лантева А.Р.*
- ✦ Интернет-олимпиада СУНЦ МГУ – 2020. Задачи по биологии второго тура. *Глаголев С.М.*
- ✦ Запутанная история: металлические нанонити в современной науке. *Сотничук С.В.*
- ✦ Научные путешествия. Ковчег учёных в горах Армении. *Нечипоренко Ю.Д.*

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 одноразово 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

Наши спонсоры



АЗБУКА

Полиграфическая компания

Тел: (985) 768-25-48,

(495) 787-24-95

www.azbukaprint.ru



www.internat.msu.ru