

Журнал для старшеклассников и учителей

ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание

Апрель № 04 2013

Колонка редактора

- 2 Моделирование в биологии. *М.Г. Сергеева*

Химия

- 7 Препятствия бывают полезны. *Д.С. Перекалин, М.М. Левицкий*

- 16 За пределами радуги. *Н.И. Морозова*

Биология

- 25 Всё в шоколаде. *Л.А. Аксёнова*

Медицина

- 38 Генетические модели нейродегенеративных заболеваний человека. *Е.В. Броновицкий*

Профильное образование

- 47 По одежке встречают... Секреты успешного межличностного взаимодействия. *В.В. Загорский, Н.И. Морозова, Е.П. Петрова*

Олимпиады

- 53 «Покори Воробьёвы горы»: сезон задач о гормонах растений. *В.В. Чуб*
- 60 Задачи LXIX Московской городской олимпиады школьников по химии для 9 класса. *В.В. Загорский*

Полевая практика

- 64 Возвращение на Кипр. *П.В. Квартальнов*

Эксперимент

- 73 Желе из газировки. *Н.И. Морозова*

Сквозь время

- 77 История алюминия. Часть 1. Алюминий в древности. *А.А. Дроздов, М.Н. Андреев*

Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева
Научные редакторы Н.И. Морозова,
С.М. Глаголев, Н.П. Седых, Д.В. Чистяков
Ответственный секретарь Н.Г. Шалару
Шеф-редактор Г.А. Четин

Техническая редакция

Редакторы А.В. Чеботарёва, А.Ю. Васильева,
А.А. Петрович

Вёрстка А.М. Коротков, Н.В. Казачкова

Редакторы-корректоры С.В. Ермаков,
М. Стригунова

Художник И.И. Семенюк

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) 787-24-94, 951-41-67

E-mail: potential@potential.org.ru

Сайт: www.potential.org.ru

Подписано в печать 08.04.2013

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5

Формат 70x100 1/16

Тираж 2000 экз.

Заказ № 265

ООО «Азбука-2000»

109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал выпускается на средства выпускников технических вузов.

ISSN 2221-2353

Издание охраняется Законом Российской Федерации об авторском праве. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции.

© «Потенциал. Химия. Биология. Медицина», 2011



Колонка редактора



Сергеева Марина Глебовна

Доктор химических наук, зав. кафедрой биологии Специализированного учебно-научного центра Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского (МГУ им. М.В. Ломоносова). Главный редактор журнала.

Моделирование в биологии

Бросая в воду камешки, смотри на круги, ими образуемые,
иначе такое бросание будет пустою забавой.

Козьма Прутков

Экспериментирование, моделирование и наблюдение – это основные способы эмпирического научного познания. Попробуем разобраться: когда наступает время одного процесса и когда другого, встречаются они вместе или порознь в разных науках.

Наблюдение – это когда мы рассматриваем окружающий нас мир и результаты этого восприятия фиксируем в описании. Далее мы выделяем у наблюдаемых объектов какие-то свойства и хотим их изучить более детально, это и означает, что переходим к моделированию.

Моделирование – это исследование объектов на их моделях. Ключевым словом является «модель», которое произошло от латинского *modulus* – «мера, аналог, образец», а в русский язык пришло из французского (который, как известно, произошёл от «народной латыни») – *module*. Модель – это упрощённое представление реального объекта или явлений.

Что только учёные не моделируют! Строят модели выращивания

пшеницы, последствий атомной войны, жизнедеятельности морей, производства автомобилей, процесса управления школой, функционирования отдельных органов человека, заболеваний человека и др.

Моделировать можно объекты, процессы, явления, у которых мы «пронаблюдали» какие-то свойства и хотим их для каких-то своих целей изучить более подробно. Модель имитирует эти свойства, отвлекаясь от несущественных деталей (или отличающихся). Отказ от моделирования всего сложного объекта позволяет нам изучать взаимосвязи на более понятном уровне.

Что из этого следует? Во-первых, надо чётко формулировать цель построения модели, поскольку выбор закладываемых в неё свойств определяется конечной задачей. Частая ошибка исследователей – выбор модели из соображений, что она «есть в лаборатории» и с ней удобно работать. А то, что эта модель делалась под другие цели – забывается. Далее, если мы ошиблись



в выделении изучаемых свойств, то модель может просто не работать. Если мы не угадали с существенными признаками моделируемого процесса, то модель не работает (или моделирует что-то ещё). Модель – лишь исследуемая (воображаемая) часть объекта. К одному объекту можно построить несколько моделей, каждая из которых будет сфокусирована на определённых сторонах исследуемого объекта.



Модель делают для того, чтобы изучать объект. Поэтому модель после своего создания выступает как самостоятельный объект исследования. Вот тут и начинается эксперимент. При эксперименте условия функционирования модели задаются экспериментатором и изучаются «ответы» модели. Данные систематизи-

руются, анализируются и в результате увеличиваются знания о свойствах модели, и, следовательно, увеличиваются знания об исследуемом объекте. Понятно, что такой перенос знаний с модели на исходный объект требует тщательного осмысления, понимания, что исходно модель «моделировала». На следующем этапе происходит сравнение полученных при моделировании знаний об объекте со знаниями функций самого объекта. Тут опять можно ставить эксперименты, если объект позволяет это (сами понимаете, если объект – человек, особенно не поэкспериментируешь).

Если на данном этапе что-то не получилось или получилось «не до конца», то процесс моделирования повторяется снова, и снова, и снова. Иногда приходится полностью менять модель, поскольку исходно выбранные свойства не являются причиной изучаемого явления. Таким образом, процесс моделирования включает в себя этапы построения, исследования и совершенствования моделей.

Не забывайте о трёх составляющих: сам исследователь (субъект моделирования), тот объект, который хотим изучать, и собственно модель, которая отражает, по большому счёту, не столько сам объект, сколько представления исследователя о данном объекте (это называется «отношения познающего субъекта и познаваемого объекта»).

Какие бывают модели

Модели бывают эвристические – образы, рисуемые в воображении человека. Наши мысли о поведении других людей – это всего лишь эвристические модели. Упрощённые представления о моделируемом объекте, т. е. другом человеке. И как всякая модель, она может быть ошибочная и нуждаться в доработке и повторном моделировании. Думающий человек всегда анализирует своё мнение о

другом человеке и уточняет его.

Природные (натурные) – это физические модели каких-либо материальных объектов. Например, глобус – модель Земли. Это также и модели каких-либо процессов и явлений природного мира (социальные модели, экономические).

Математические модели – это когда реальные процессы и явления окружающего мира формализуются



и взаимосвязи выражаются с помощью математических функций. Модели строятся либо аналитическим путём (модель описывается на основании положенных в её основу физических законов или математических аксиом и теорем), или экспериментальным путём (по существующим численным параметрам эксперимента строятся приближённо совпадающие (аппроксимирующие) математические зависимости. Например, вы с определённой точностью измеряете зависимость одного параметра от другого, и разброс экспериментальных точек можно аппроксимировать прямой. Любая формула – это разновидность модели. Следует не забывать, что как модель формула – лишь наша формализация очередного этапа познания, а не абсолютная истина.

Схемы, графы, эскизы, чертежи, графики – это всё варианты моделей. Всем знакомы 3D модели, которые используются в самых различных отраслях промышленности. В кино и видеоиграх их используют для анимации и создания спецэффектов.

По изучаемым явлениям существуют другие классификации моделей. Можно изучать функции исходного объекта (системы), изучать её взаимосвязи с внутренними и внешними элементами – это функциональные модели.

Ещё выделяют модели принципа действия (принципиальные модели), например, при моделировании функций отдельных органов (модель выделительной системы организма). Принцип действия – это последовательность выполнения определённых действий, которые обеспечивают требуемое функционирование системы. При построении таких моделей важно, чтобы количество исследуемых параметров было минимальным из возможных. Чем сложнее модель, тем сложнее с ней рабо-

тать. Трудоёмкость работы с моделью не должна отвлекать от сущности исследуемых явлений.



Принципиальная модель может относиться, например, к общественной жизни – принципы отбора кандидатов на работу, многоэтапность отбора кандидатов на международную олимпиаду по биологии и т. д. Ещё раз напомню, что всё это модели – в них заложено мнение создателя о моделируемом процессе, явлении и т. д. Модель может быть ошибочной и нуждаться в постоянной перепроверке. Модели принципа действия помогают определить перспективные направления разработки, требования к возможным материалам и т. д.

Структурная модель – это изображение системы, дающее представление о форме, расположении и числе наиболее важных его частей и их взаимных связях. Можно потренироваться и записать структурную модель прихода в школу – состав стадий и этапов работы, их последовательность, взаимодействие участников процесса, привлекаемых технических средств. Помимо ознакомления с моделированием, одному моему знакомому при построении такой модели удалось выкроить 30 минут в день на изучение иностранного языка.



В школе часто учат составлять планы литературного произведения – это тоже структурная модель. Степень упрощения в такой модели зависит

не столько от полноты исходных данных об исследуемом процессе, но и от требуемой точности результатов (об этом часто забывают).

Отличие модели от эксперимента

Эксперимент – это метод исследования явления (объекта, процесса) в управляемых условиях. Исследователь сам вызывает изучаемое явление, может изменять условия протекания этого явления (варьирует параметры), характеризует его количественно, что позволяет далее осуществлять математическую обработку данных. Эксперимент можно воспроизводить многократно и получать схожие результаты. Когда мы работаем с моделью, т. е. изучаем её свойства, то проводим эксперименты.

Приведу примеры – резюме статей, в которых проводят моделирование (с сайта <http://elementy.ru/genbio//resume/154>). В статье «Феноменологические модели роста лесных насаждений» рассмотрены феноменологические модели роста лесных насаждений. Показано,

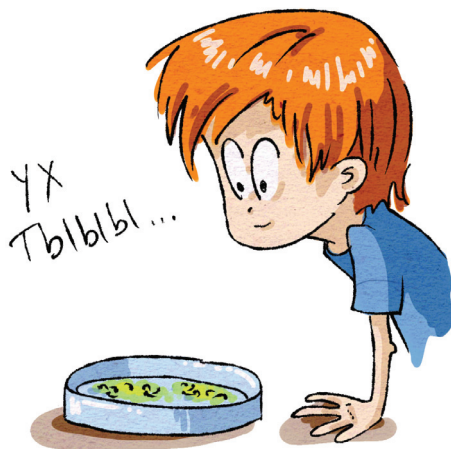
что широко используемые модели, такие как модели Ферхюльста, Митчерлиха, Бергаланфи, могут достаточно хорошо описывать кривые роста фитомассы, однако не дают описания качественных эффектов, связанных с изъятием фитомассы и восстановлением насаждений. Предложена бистабильная феноменологическая модель роста фитомассы лесных насаждений, описывающая процессы роста, гибели и восстановления насаждений. Показано, что модельные кривые хорошо согласуются с данными наблюдений. Предложенная модель описывает не только процессы роста насаждения, но и даёт объяснение биологической ситуации, когда после гибели насаждения или сплошных рубок не происходит восстановления лесного ценоза». Вот сразу становится понятным, зачем биологу учить математику. ☺

Какие организмы могут быть модельными

В биологии встречается такое понятие, как модельные организмы. Это живые существа определённого вида, которые используются для моделирования изучаемых явлений или процессов живой природы. Есть несколько условий, при которых организмы становятся модельными.

Во-первых, их легко содержать и разводить в лабораторных условиях, они обладают нужными свойствами. Например, для молекулярных исследований важны такие свойства: короткое время генерации (быстрая смена поколений), возможность генетических манипуляций (наличие инбредных линий), разработанные методы генетической трансформации и др.

Во-вторых, по свойствам модельного организма должно быть накоплено много научных данных. Принцип хорошей изученности во многом объясняет, почему в первую очередь при секвенировании геномов выбрали такие модельные организмы как кишечная палочка, дрожжи, дрозофила. Хотя для решения задачи построения эволюционных деревьев они, возможно, и не лучшие объекты. Кроме того, такие растения, как рис или люцерна, являются экономически важными, знания о них дополнительно финансируются по прикладным исследованиям, поэтому по ним накоплено много данных – вот почему они также являются модельными организмами.



В-третьих, важным может быть положение модельного организма на филогенетическом дереве (например, шимпанзе является относительно близким к человеку родственником, поэтому его выбрали для расшифровки полного генома, много изучают поведение и т. д.).

Чтобы выбрать модельный организм, надо хорошо представлять себе, что моделируешь. В биологии каждая наука имеет свою «любимую» модель. Для эмбриологов, например, это морские ежи и асцидии. Классическим объектом для изучения работы нервных клеток и их цитоскелета является кальмар, поскольку аксоны этого беспозвоночного животного имеют гигантские размеры (диаметром до 1 мм). Цыпленка (*Gallus gallus domesticus*) – любимый объект для изучения механизмов памяти и обучения. Генетику поведения и механизмов обучения также исследуют на птицах ткачихах – зебровая амадина (*Taeniopygia guttata*). Кошки, макаки-резусы, шимпанзе, собаки – объекты изучения нейрофизиологов, медиков. Вводят постоянно новые объекты – например, недавно китайскими исследователями предложен зверёк тупайя для биомедицинских исследова-

ований и тестирования лекарств (<http://elementy.ru/news/431975>).

Среди любимых объектов молекулярных биологов и генетиков представители вирусов (фаг лямбда), прокариот (кишечная палочка, *Escherichia coli* и микоплазма, *Mycoplasma genitalium*), протист (инфузория, *Tetrahymena thermophila*), грибов (делящиеся дрожжи, *Schizosaccharomyces pombe*), растения (Резуховидка Таля, *Arabidopsis thaliana*), беспозвоночные животные (нематода, *Caenorhabditis elegans*; дрозофила, *Drosophila melanogaster*), позвоночные животные (рыбы Полосатый данио, *Danio rerio*, и фугу, *Takifugu rubripes*), африканская шпорцевая лягушка (*Xenopus laevis*). Особо выделяют домовую мышь (*Mus musculus*) и серую крысу (*Rattus norvegicus*). Эти организмы являются модельными для разнообразных исследований. Для мышей получено множество инбредных чистых линий, в том числе отобранных по признакам различных заболеваний (чувствительность к ожирению, потреблению алкоголя, гипертонии, повышенный и пониженный интеллект и др.). Разработаны методы получения трансгенных мышей и т. д. Крысы являются важной моделью в области разработки лекарств (токсикологии и фармакологических моделях), нейробиологии, физиологии и др.

Отсюда понятно, почему даже молекулярному биологу надо изучать разнообразие окружающего мира. Может быть, именно для ваших исследовательских целей понадобится новая модель. И знание биоразнообразия поможет вам.

В этом номере журнала вы познакомитесь с генетическими моделями нейродегенеративных заболеваний человека. А также со «свежими» задачами с олимпиад, интересными историями и сведениями из химии и биологии. Читайте!



ХИМИЯ



Перекалин Дмитрий Сергеевич
*Старший научный сотрудник ИНЭОС РАН,
специалист в области химии органических
соединений рутения. Куратор 11 класса
Московской городской олимпиады по
химии с 2000 года.*



Левицкий Михаил Моисеевич
*Ведущий научный сотрудник ИНЭОС РАН,
специалист в области химии органосилоксанов и
металлсодержащих кремнийорганических соединений.*

Препятствия бывают полезны

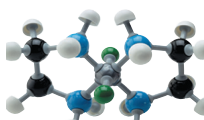
Влюблённые хотели пожениться, но возникли препятствия... Вот и в химии случаются подобные ситуации. Вещество всеми силами стремится к своей «половинке», а связь не может образоваться. Электронные пары становятся озадаченными – это не фигура речи, а самый настоящий термин! Но, подобно тому, как жизненные передряги закаляют характер, трудности, испытываемые веществами при взаимодействии, позволяют им проявиться в новом качестве и принести пользу. Как это происходит – читайте в новой статье.

Если на вашем пути начинают появляться препятствия, значит, направление выбрано правильно.

Сергей Фёдоров

Представьте себе, что вам часто приходится проделывать один и тот же путь на своём автомобиле по хорошему шоссе. Скорее всего, это доставляет удовольствие, поскольку вы заранее знаете, какой пейзаж вы увидите по пути и сколько времени уйдёт на дорогу. Допустим, что в одну из поездок вы обнаружите, что поперёк шоссе упало большое дерево, которое сразу объехать невозможно, так как вдоль дороги растёт густой кустарник. Вначале возникнет раздражение, но затем вы придёте к мысли, что надо где-то искать объезд. Отъехав немного назад, вы обнаружите, что вбок от шоссе

идёт просёлочная дорога. Воспользовавшись ею, вы с удовлетворением убедитесь, что она позволяет через некоторое время выехать на основное шоссе. Самое интересное, что вместо раздражения из-за потерянного времени вы, скорее всего, испытаете удовольствие от того, что увидите новые уютные поляны или тихие озёра, о существовании которых даже не подозревали. Кроме того, с радостью обнаружите, что возможности вашего автомобиля далеко не исчерпаны и он способен легко преодолевать участки бездорожья. Таким образом, возникающие трудности могут оказаться полезными.



Подобная ситуация возможна и в химии, только исследователи в поисках новых неожиданных результатов не ждут, когда препятствие

возникнет само, а пытаются направленно создать затруднения, которые могут указать совершенно новые маршруты.

Отдавать и принимать электроны

Среди учёных-химиков одно имя занимает особое место, оно упоминается в учебниках и, кроме того, постоянно присутствует в современных научных работах. Это американский физикохимик Герберт Льюис, который впервые объяснил, что представляет собой химическая связь.

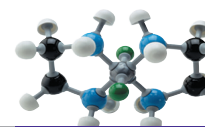


Рис. 1. Герберт Льюис (1875 –1946)¹

В 1916 году Льюис высказал необычную для того времени идею: химическая связь образуется за счёт того, что пара электронов становится общей для двух атомов. Именно пара электронов удерживает вместе два атома. Это так называемая *ковалентная связь*. Если же пара электронов переходит полностью к одному из двух атомов, то возникает *ионная связь*. До этого существовала точка зрения, что один из связанных атомов несёт положительный, а другой – отрицательный заряды, чаще употребляли туманный термин «химическое сродство». В наше время теорию химической связи, предложенную Льюисом, изучают в начальных курсах химии.

В разработке своей теории Льюис пошёл дальше и в 1923 году предположил, что ковалентная связь может возникать не только за счёт электронов, поставляемых каждым из двух атомов, но также с помощью пары электронов, которую даёт один из соединяющихся атомов. Здесь важно отметить, что эта пара электронов не переходит полностью к другому атому (иначе это была бы ионная связь), а остаётся во владении двух соединяемых атомов, иными словами, это типичная ковалентная связь, только она имеет несколько иное происхождение. Для того чтобы такая связь возникла, необходимо, чтобы в составе одной из молекул находился атом с незаполненными (вакантными) орбиталями, в результате он может выступать в роли *акцептора* пары электронов (от латинского *accipere* – принимающий). Молекулы, которые предоставляют соседям электронные пары, называют *донорами* электронов (от лат. *donare* – дарить, жертвовать). Образующуюся связь стали называть *донорно-акцепторной*, а получающиеся соединения – *льewisовыми парами*. На рис. 2 показано, как атом азота в NH_3 передаёт свою неподелённую электронную пару на незаполненную орбиталь (обозначена маленьким прямоугольником) атома бора в молекуле BF_3 . Образующаяся донорно-акцепторная связь по свойствам не отличается от ковалентной, и её традиционно обозначают валентной чертой. Посколь-

¹www.acswebcontent.acs.org/landmarks/lm_pix/gil_lewis1910.jpg



ку электроны неподелённой пары переместились к бору, на нём возникает частичный отрицательный заряд, который обозначен δ^- , а на азоте, соответственно, δ^+ , это помогает показать, что связь донорно-акцепторная (рис. 2, схема А). То же самое происходит между атомом алю-

миния (акцептор) и атомом кислорода (донор) в схеме Б.

В роли донора, отдающего пару электронов, могут выступать атомы азота, кислорода, фосфора, серы, а акцепторами могут быть атомы бора, алюминия и вообще большинство металлов.

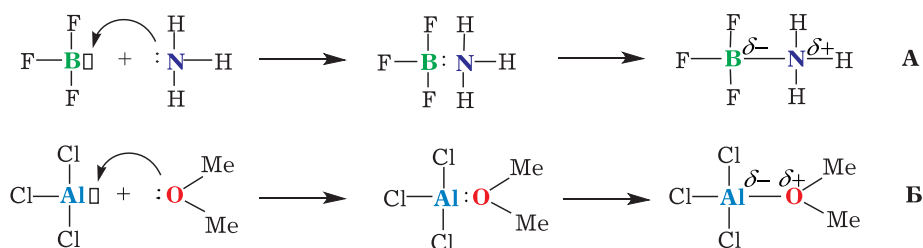


Рис. 2. Схемы образования донорно-акцепторной связи в льюисовых парах

Пары возникают не всегда

Соединений, подобных тем, что показаны на рис. 2, великое множество, они подробно изучены, и результаты этих исследований вошли в фундамент химической науки. На первый взгляд могло показаться, что ничего нового и интересного ожидать не приходится, однако химия всегда умела преодолевать подобные настроения.

Современный канадский химик Дуглас Стефан (рис. 3) обратил внимание на то, что в некоторых случаях, когда можно ожидать образования льюисовых пар, они почему-то не образуются. Например при реакции ди-

метилпиридина с трифторидом бора BF_3 образуется льюисова пара, а при взаимодействии того же замещённого пиридина с триметилбором она не возникает (рис. 4).

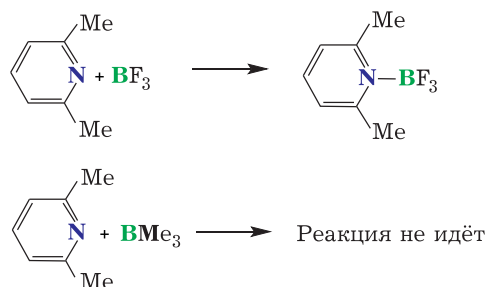


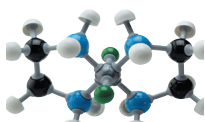
Рис. 4. Почему же во втором случае льюисова пара не образуется?



Рис. 3. Дуглас Стефан¹

В литературе были опубликованы и некоторые другие примеры с похожим результатом. Какие объяснения этому напрашиваются? Возможно, атом бора при замене у него фтора на метильные группы снизил свою акцепторную способность. Вполне вероятно, что метильные группы у бора и метильные группы у пири-

¹www.chem.utoronto.ca/staff/DSTEPHAN/dws-framed.png



динового кольца мешают молекулам близко подойти друг к другу, и поэтому связь не возникает. Осторожный человек всегда при этом добавит, что, скорее всего, указанные

причины действуют совместно. Против всех перечисленных причин трудно что-либо возразить, они вполне логичны, но исследователя всегда интересует более точный ответ.

Столкнуть эффекты лбами

Для того чтобы выяснить, какой фактор играет решающую роль, необходимо поставить дополнительные эксперименты, при этом большинство исследователей методично меняют один параметр за другим. Стефан пошёл необычным путём, решив изменить сразу два основных параметра – усилить донорно-акцепторное «взаимовлечение» атомов и одновременно увеличить пространственные затруднения, то есть два противоположных эффекта «столкнуть лбами». Он расположил донор (фосфор) и акцептор (бор) на противоположных концах бензольного цикла (см. рис. 5). Кроме того, у бора находятся два фторированных бензольных кольца, атомы фтора

должны оттянуть от атома бора электроны и повысить его акцепторную способность. У атома фосфора два метилзамещённых бензольных ядра, эти метильные группы нагнетают электроны к фосфору, увеличивая его «донорность». Можно было ожидать, что такие молекулы с помощью донорно-акцепторных связей выстроятся, образуя цепочку из льюисовых пар, однако этого не произошло. Пространственные затруднения оказались велики, это видно на рис. 5: две фенильные группы у фосфора и две у бора мешают этим атомам сблизиться, несмотря на то, что тяга к образованию связи (условно показана в виде стягивающей пружины) у них очень высокая.

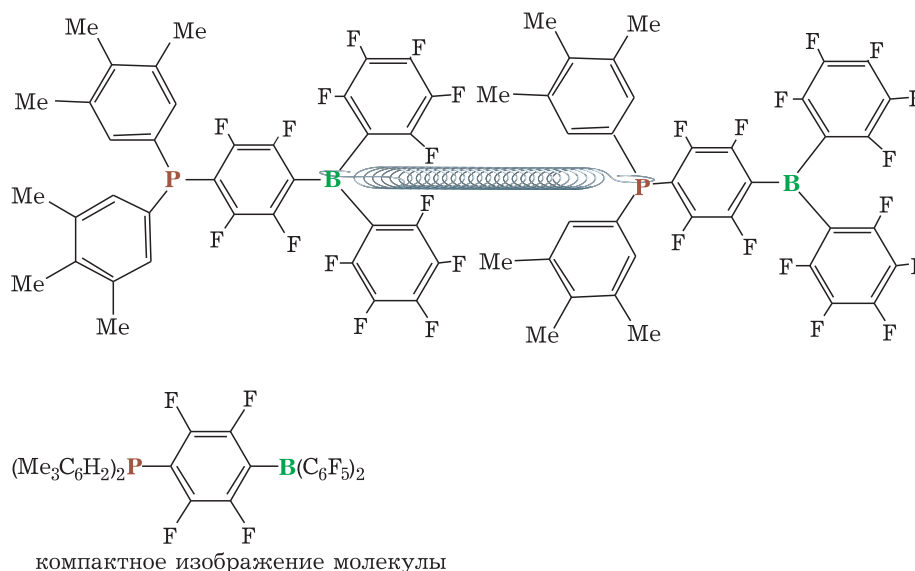
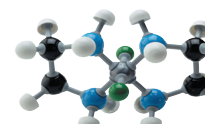


Рис. 5. Одновременное усиление донорно-акцепторной «тяги» и пространственных затруднений



Увеличение донорно-акцепторных свойств не прошло бесследно; на атоме В сосредоточен частичный положительный заряд, и бор находится в нетерпеливом ожидании донора электронов. А на другом конце молекулы электроны атома Р, наоборот, жаждут присоединиться к чему-либо с положительным зарядом. При взаимодействии такого соединения с молекулярным водородом H_2

происходит нечто неожиданное. Молекулу H_2 можно считать эталоном ковалентной связи, однако находящаяся «в напряжённом ожидании» ветвистая молекула разрывает связь Н-Н не радикально (т. е. оставив по одному электрону каждому атому Н), а на ионы H^+ и H^- . В итоге H^+ притягивается атомом фосфора, H^- направляется к бору (рис. 6).

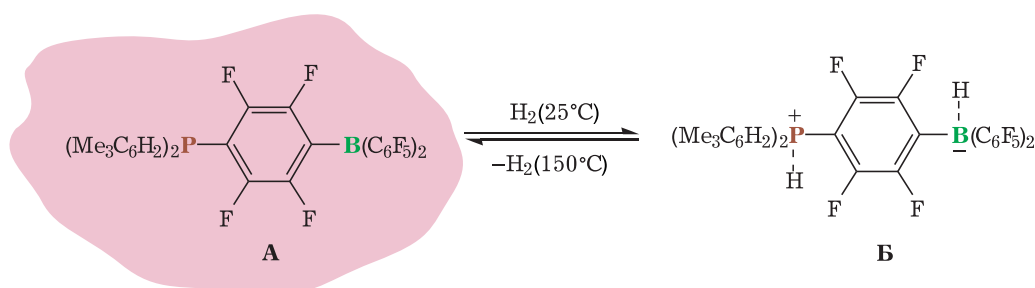


Рис. 6. Ионный разрыв связи в молекулярном водороде

Реакция обратима: при комнатной температуре водород присоединяется, а при $150\text{ }^\circ\text{C}$ вновь выделяется, причём это можно даже наблюдать визуально: соединение с

присоединёнными ионами водорода бесцветно (рис. 6, Б), но если его нагреть, то выделится H_2 и соединение А приобретёт красный цвет.

Озадаченные комплексы

Получив столь необычный результат, Стефан решил предоставить пространственную свободу участникам будущих пар, то есть удалить перемычку между ними (бензольное ядро), и изучать совместное поведение независимых молекул. Некоторые из составленных таким образом пар показаны на рис. 7. В роли объёмных групп, помимо уже изученных, были опробованы *трет*-бутильные группы $C(Me)_3$ у фосфора (рис. 7, А и В) и фенильные группы (без атомов фтора) у бора (рис. 7, В). Исследования показали, что молекулы стараются расположиться таким образом, что-

бы атомы Р и В находились, по возможности, ближе друг к другу. Однако донорно-акцепторная связь между ними не возникает из-за пространственных затруднений, создаваемых громоздкими группами, расстояние между атомами Р и В слишком велико.

Все три пары охотно присоединяют молекулу водорода, которая вначале располагается в пространстве между атомами Р и В, после чего происходит её разделение на ионы. Получающиеся соединения удерживают водород более прочно, нежели в случае, показанном на рис. 6, и не «отпускают» его при $150\text{ }^\circ\text{C}$.

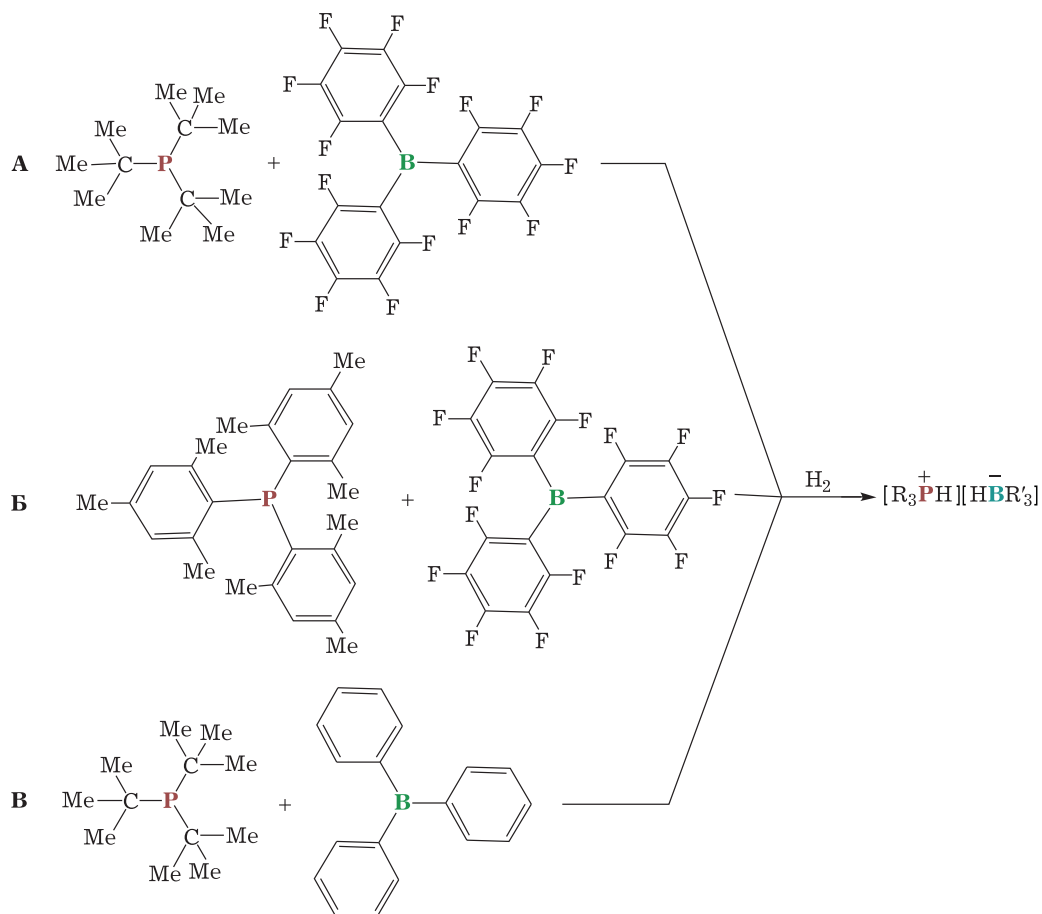
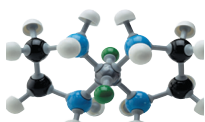
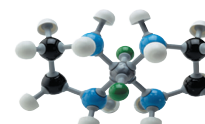


Рис. 7. Набор льюисовых пар

Все такие пары с увеличенными пространственными затруднениями Стефан назвал «frustrated Lewis pairs». Интересно, что кроме пространственных затруднений возникли и терминологические. Два последних слова из предложенного Стефаном названия особых вопросов не вызывают, это льюисовы пары, зато с первым термином не всё гладко. Английское слово frustration (фрустрация) не имеет однозначного перевода на русский язык, приблизительно это: огорчение, смущение, недоумение, расстройство, озадаченность, тщетное ожидание. Довольно часто иностранные термины используют в научной литературе без перевода,

используя написание русскими буквами, например, субстрат, кластер, хиральность и др. В нашем случае сложность состоит в том, что из существительного «фрустрация» необходимо сделать прилагательное (как у Стефана), но здесь русский язык начинает сопротивляться. Маловероятно, что кто-то станет употреблять слова фрустральный или фрустратный, они трудно произносимы и неблагозвучны. Наиболее близкое по смыслу слово «озадаченный». Какой именно термин будет выбран окончательно, покажет будущее, важно лишь, чтобы он стал общеупотребительным, иначе в публикациях возникнет путаница и неясность. Интерес-



но, что термин «фрустрация» (в форме существительного) часто используют психиатры для обозначения состояния, предшествующего нерв-

ному расстройству. Далее мы будем использовать термин «озадаченные льюисовы пары» и аббревиатуру ОЛП.

Иные доноры и акцепторы

В самом начале нашего рассказа мы упоминали, что роль донора электронов может играть азот (рис. 2). Вполне естественно, что Стефан решил испытать возможности азота в составе ОЛП. При этом он вернулся почти к самым истокам, то есть к тому случаю, который пока-

зан на рис. 4 и который, по-видимому, навёл его на мысль создавать ОЛП. Он добавил к диметилзамещённому пиридину (рис. 4) излюбленный борсодержащий компонент $B(C_6F_5)_3$. Получившаяся пара также может присоединять водород (рис. 8).

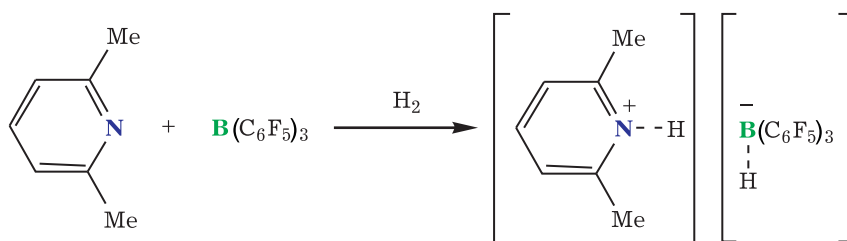


Рис. 8. ОЛП из диметилзамещенного пиридина

Известны соединения двухвалентного углерода, так называемые карбены, у такого атома С находится неподелённая пара электронов, которую обозначают двумя точками, точно так же, как это было показано ранее у атома азота на рис. 2. Подобно азоту, карбеновый атом С может играть роль донора. Большинство карбенов нестабильны, но существуют и некоторые стабильные формы, например, когда карбеновый

атом С находится в составе гетероцикла с двумя атомами азота (имидазольный цикл). Именно такое соединение, естественно, предварительно окружённое *трет*-бутильными группами для создания пространственных затруднений (рис. 9), выбрал Стефан в качестве донора. Карбеновый углерод прекрасно справился со своей ролью не хуже азота, в чём можно убедиться, сравнив рисунки 8 и 9.

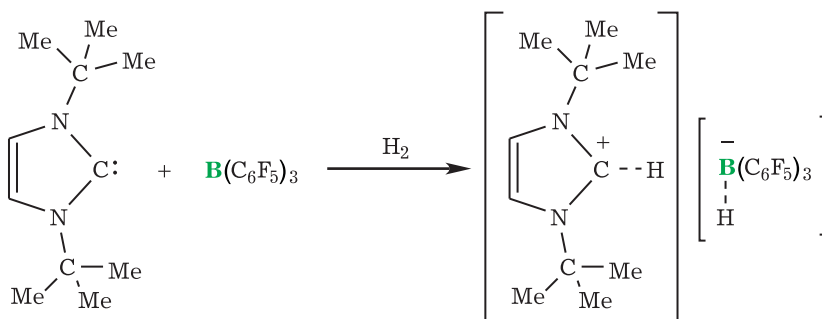
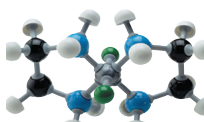


Рис. 9. ОЛП с участием углерода



Из всего рассказанного ранее следует, что в роли доноров могут выступать атомы фосфора, азота и карбеновый углерод. В качестве акцептора до сих пор неизменно присутствовал бор. Оказалось, что бор не так уж незаменим, то же самое может успешно делать алюминий, что нельзя считать неожиданным. В этом можно убедиться, если вернуться к рис. 2, на котором показана

способность бора и алюминия выступать в роли доноров в обычных льюисовых парах. Пара, составленная с участием $\text{Al}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$, может не только «разрывать» молекулу H_2 на ионы, но делать тоже самое с органическими молекулами. Например, она отрывает протон от фенилацетилену, который встраивается между Р и Аl (рис. 10). Таким образом, диапазон ОЛП ещё более расширился.

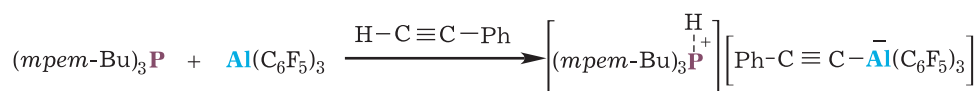


Рис. 10. Алюминий в роли акцептора в ОЛП

Создан новый катализ

Прочтя всё описанное, некоторые из читателей, возможно, подумают, что явление, безусловно, интересное, но сводится оно, по существу, только к процессу присоединения водорода. На самом деле происходящий ионный разрыв связи Н-Н открывает новые возможности, что сумел показать создатель таких необычных льюисовых пар Стефан, а следом за ним и другие исследователи, увлечённые подобными химическими «дуэтами».

Гидрирование – присоединение водорода к кратным связям в молекуле – один из самых распространённых процессов в химической индустрии, по существу – это важная стадия при получении многих продуктов: лекарств, пестицидов, пищевых добавок, витаминов. Наиболее известные катализаторы гидрирования – металлическая платина, а также комплексы родия и рутения, которые способны временно присоединять H_2 , а затем отдавать его различным органическим молекулам. Платина, родий и рутений весьма дороги, однако в процессах гидрирования они иногда незаменимы. Оказалось, что ОЛП тоже способны вы-

ступать в роли катализаторов гидрирования. В первую очередь это было проверено на таком процессе, который чаще всего используют при получении аналогов природных соединений, речь идёт о гидрировании двойной связи $-\text{N}=\text{C}-$ в иминах. Например, первое из изученных Стефаном соединение **A** (рис. 6) присоединяет H_2 (рис. 11, молекула **B**), а затем отдаёт его молекуле имина, который при этом превращается в амин (рис. 11, молекула **B**). Освободившаяся молекула **A** может вновь присоединить H_2 и гидрировать следующую молекулу. Это классический катализ – соединение переносит реагент (H_2), но само не расходуется и вновь возвращается в процесс, что показано на рисунке изогнутой стрелкой.

Оказалось, что большинство из показанных ранее ОЛП способны гидрировать различные имины, нитрилы $\text{RC}\equiv\text{N}$, двойную связь между атомами углерода $-\text{C}=\text{C}-$. Кроме того, такие пары способны втягивать внутрь (в пространство между Р и В) разнообразные небольшие молекулы, например, этилен, диены, CO_2 , молекулу тетрагидрофурана.

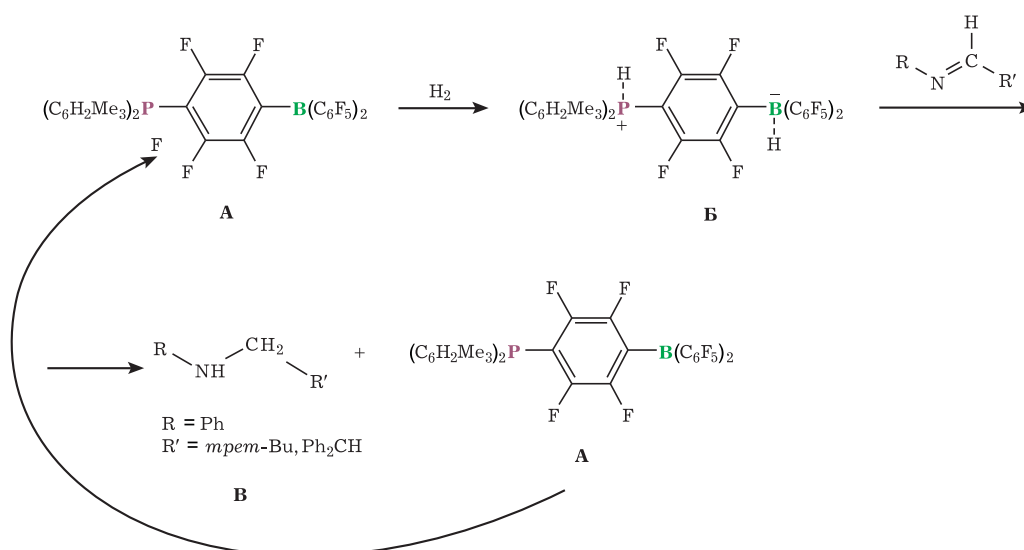
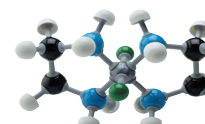


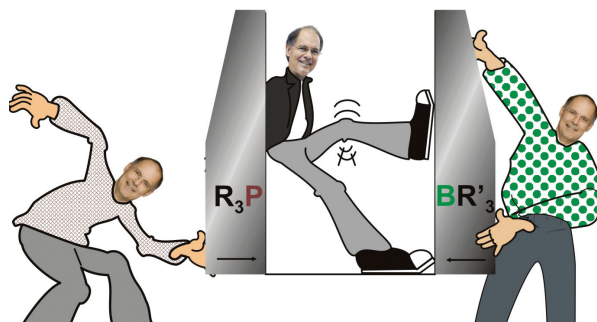
Рис. 11. Гидрирование имида при каталитическом действии ОЛП

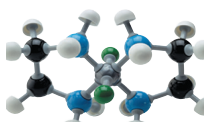
При этом захваченные молекулы активируются, это представляет собой, по существу, первую стадию катализа, которая облегчает последующие возможные превращения. Стефан назвал такой процесс «безметаллическим» катализом.

Вполне естественно, что многие исследователи быстро оценили те возможности, которые открывают ОЛП, и подключились к их изучению. Появились даже работы, пока не экспериментальные, а только расчётные, из которых следует, что составленная особым образом ОЛП может удерживать даже атомы инертных газов аргона или криптона. По-видимому, способность ОЛП «к захвату» далеко не исчерпана.

Вернувшись к начатому немного ранее обсуждению терминологии, осмелимся предположить, что взамен предложенного Стефаном термина «frustrated Lewis pairs» (ОЛП) в практику войдёт более короткий и удобный термин «Stephan pairs», то есть «Стефановы пары».

Не побоймся торжественных слов и воздадим должное автору идеи Дугласу Стефану, который буквально у нас на глазах пишет новую главу в химической науке, впервые воплощая простую идею, хорошо знакомую авторам романов, – создать взаимное влечение героев и одновременно препятствия для их сближения. Замысел оказался плодотворным.



**Морозова Наталья Игоревна**

*Закончила химический факультет МГУ,
кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ.*

*Основное занятие – преподавание химии
школьникам 10 - 11 классов, методическая работа,
научная работа в области радиохимии
и органического катализа.*

За пределами радуги

О том, какую роль в химии, в частности, в химическом анализе, играет цвет, мы много рассказывали в цикле статей «Неорганическая радуга» (№№ 8 – 12 за 2011 год и №№ 1 – 2 за 2012 год). Но большинство веществ не окрашено, и, казалось бы, возможности химического анализа для них ниже. Однако не торопитесь с выводами! Если вещество не поглощает в видимом свете, это вовсе не значит, что оно вообще не поглощает излучение. Раздвинем границы радуги с помощью приборов и заглянем в мир, «окрашенный» в инфракрасные и ультрафиолетовые тона...

Человеку, в отличие от многих животных, дана способность различать не

только интенсивность, но и длину волны излучения: цветное зрение.

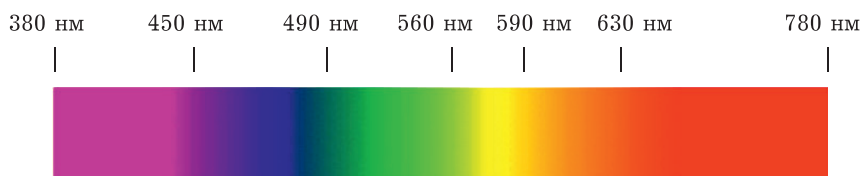


Рис. 1. Оптический спектр

Сколько цветов мы можем видеть? Семь цветов радуги известны даже ребёнку, средний взрослый различает несколько десятков оттенков, хотя и не всегда в состоянии их назвать. Способность различать цвета можно тренировать: люди, имеющие дело, например, с красителями, видят три – пять разных оттенков там, где другой человек скажет: цвет одинаков. Глазу художника доступно до тысячи оттенков. Много это или мало?

С одной стороны, много. Но с другой – сколько бы оттенков мы ни различали в видимом свете, всё это – лишь узкий диапазон электромагнитного излучения. То, что мы называем ультрафиолетом, занимает на шкале длин волн столько же, сколько весь видимый свет. А мы не только не различаем его оттенки, но и вообще не видим! Что уж тут говорить, к примеру, об инфракрасных лучах, занимающих в 500 раз больший интервал длин волн электромагнитного излучения...

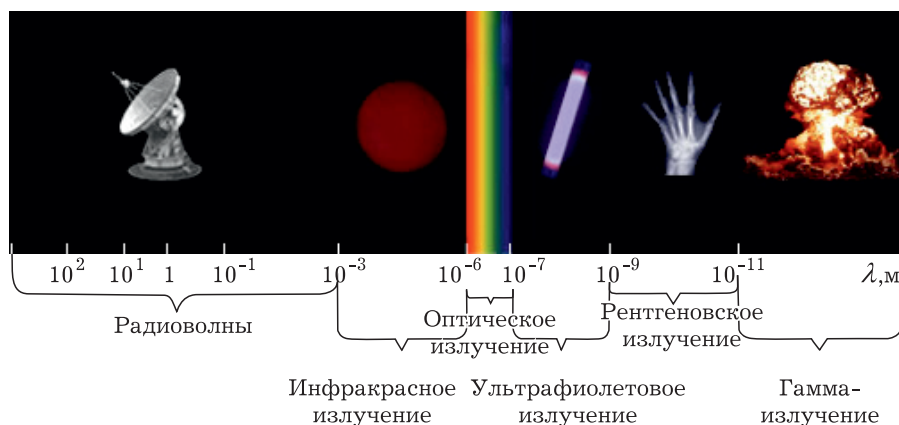
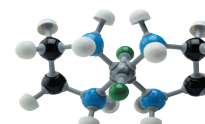


Рис. 2. Электромагнитный спектр¹

Радуга продолжается и за своим красным краем, и за фиолетовым, а мы этого не видим. Но как обычно поступает человек, когда осознаёт, что чего-то не может? Правильно: он создаёт прибор, который делает это за него.

Луч электромагнитного излучения, попадая в приёмное устройство прибора, преобразуется в электрический сигнал. Для любого диапазона можно подобрать подходящее приёмное устройство, фиксирующее излучение. Это и даёт нам возможность «увидеть» невидимое.

Но прибор не только раздвигает для учёных границы радуги. Он даёт возможность от расплывчатой характеристики «цвет» перейти к количественно измеряемому параметру «длина волны» (или «частота»). Поэтому приборы широко используют и для исследований в видимом свете. Кроме того, электрические сигналы можно усиливать и накапливать, а значит, появляется возможность «разглядеть» очень слабое излучение.

Измеряя с помощью прибора интенсивность (яркость) излучения при разных длинах волн, получают *спектр* – зависимость интенсивно-

сти (или связанной с ней величины) от длины волны в определённом диапазоне. Разнообразные методы, использующие эту схему, объединяют под общим названием *спектроскопия*. Спектр удобно представлять в графическом виде, современные приборы сами строят эти графики.

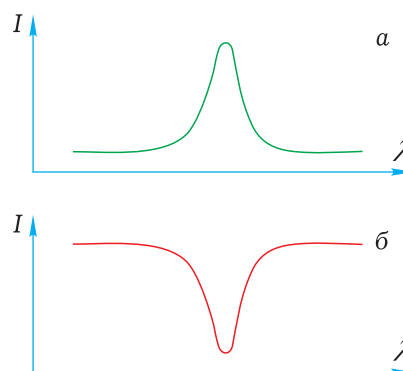
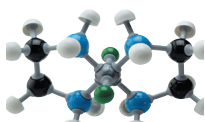


Рис. 3. Спектр испускания (а) и поглощения (б) для одного и того же вещества

Если мы измеряем интенсивность излучения, прошедшего, скажем, через раствор, то получаем *спектр поглощения*. Так как вещества поглощают не всё излучение без разбору, а выборочно, при определённых

¹www.college.ru/astronomy/course/content/chapter2/section1/paragraph1/images/02010101.jpg



длинах волн будут наблюдаться «провалы» – снижение интенсивности. Если же измеряется излучение, испущенное, например, нагретым газом, то получается *спектр испускания*.

Вместо «провалов» на нём будут «горки», «пики» – их так и называют пиками. Для одного и того же вещества спектр поглощения будет зеркальной копией спектра испускания.

Зачем химику спектры

То, что мы имеем возможность «усовершенствовать» наше зрение, замечательно. Но какая польза в этом для химика?

Для многих веществ характерна определённая окраска. Почему растворы хроматов жёлтые? Потому что они поглощают свет в фиолетовой области видимого излучения, окрашиваясь при этом в дополнительный к фиолетовому цвет. Спектр поглощения раствора хромата содержит «провал» в фиолетовой области (на рис. 4 мы видим пик, а не провал, потому что по оси ординат отложена не сама интенсивность, а другая, связанная с ней величина).

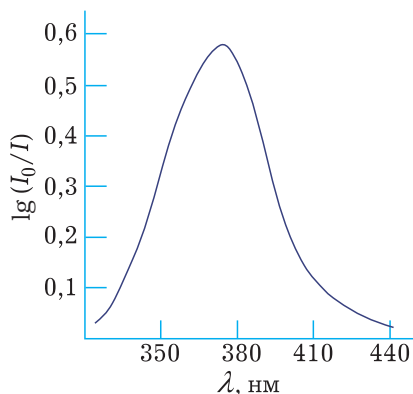


Рис. 4. Спектр поглощения раствора хромата калия

Вещества, которые мы считаем белыми или бесцветными, тоже поглощают излучение, только в невидимой области. Сняв на приборе их спектр, мы получаем совокупность пиков, характерных именно для этого вещества. Зная положения пиков в спектре и их относительные интенсивности, можно сказать, каким веществам они соответствуют, по-

добно тому как по отпечаткам пальцев можно определить, кому они принадлежат. Иначе говоря, спектр даёт возможность провести качественный анализ без химических реактивов!

Разбавленный раствор перманганата калия розовый, более концентрированный имеет густую тёмно-малиновую окраску. А если раствор очень сильно разбавить, он будет почти бесцветным. Интенсивность окраски меняется с изменением концентрации. Имея спектр, мы можем измерить интенсивность пиков интересующего нас вещества и на основании этого определить его содержание в образце. Вот и пример количественного анализа.

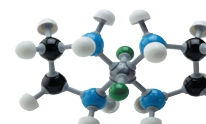
Однако этим возможности спектроскопии не ограничиваются. Из спектров можно извлечь информацию о строении молекул, о скоростях и механизмах различных процессов. Для этого надо знать, откуда берутся спектры.

Почему атомы и молекулы так «привередливы» в отношении излучения: поглощают не всё подряд, а только определённые длины волн? Дело в законе сохранения энергии. Фотон с длиной волны λ (или частотой ν) несёт энергию

$$E = hc/\lambda = h\nu,$$

где h – постоянная Планка. Когда он поглощается, энергия не может исчезнуть, она передаётся атому или молекуле, которые при этом увеличивают свою энергию.

Но атомы и молекулы могут иметь лишь определённые значения энергии, зависящие от их состава и строения. Иначе говоря, у атомов и



молекул существует набор энергетических уровней, между которыми могут совершаться переходы. Если молекула переходит с более высокого уровня на нижний, она излучает квант с энергией, равной разнице

энергий этих уровней. И поглотить она может лишь такие кванты, энергия которых соответствует разнице между её энергетическими уровнями. Поэтому положения пиков в спектрах могут поведать о многом.

Электронные состояния

Видимое и ультрафиолетовое излучение имеет энергию, достаточную для возбуждения электронов в атомах и молекулах. Всё многообразие красок, которое мы видим, существует благодаря электронным переходам. Что может дать нам такой «электронный» спектр? Конечно, информацию о состоянии электронов.

Рассмотрим органические вещества. Если в молекуле нет ни кратных связей, ни неподелённых электронных пар, наблюдается лишь один тип поглощения в области дальнего ультрафиолета (УФ). Например, УФ-спектр метана представляет собой пик с максимумом (т. е. длиной волны, при которой поглощение максимально) около 125 нм, этан имеет максимум поглощения при 135 нм. Этот тип поглощения соответствует перескоку электронов σ -связей на более высокой энергетической уровень (разрыхляющую орбиталь).

Электроны неподелённых пар возбуждаются меньшей порцией энергии, значит, спектры молекул, содержащих неподелённые элек-

тронные пары, будут иметь ещё один пик в более длинноволновой области. Он соответствует переходу электрона с несвязывающей орбитали, занятой неподелённой парой, на π -разрыхляющую орбиталь. Так, триэтиламин $N(CH_3CH_2)_3$ поглощает ультрафиолет при 199 нм (связывающие электроны) и 227 нм (неподелённая пара на атоме азота).

В более длинноволновой области лежат и пики, соответствующие кратным связям (точнее, π -связям). Если кратные связи чередуются с одинарными, возникает сопряжённая система, для возбуждения которой требуется ещё меньшая энергия. Чем сопряжённая система длиннее, тем больше длина волны поглощаемого излучения, она может «забраться» и в область видимого света, и тогда вещество будет окрашенным. Так, бутен-1 поглощает около 130 нм, в то время как бутадиен-1,3 при 217 нм, а β -каротин (жёлто-оранжевое вещество с 11 сопряжёнными двойными связями) – в районе 430 нм.

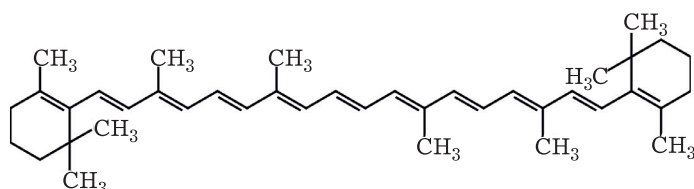
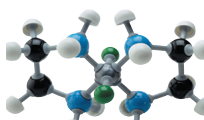


Рис. 5. β -каротин¹

¹Фото порошка каротина с www.german.alibaba.com/product-tp-img/beta-carotene-132481736.html



Атомы и группы – «соседи» кратной связи или атома с неподелённой парой – могут влиять на положение пиков и относительную интенсивность поглощения. Например, у этилена $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ максимум поглощения находится при 165 нм, а у хлорэтена $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ при 185 нм. Влияет на спектры и растворитель, ведь его молекулы взаимодействуют с растворённым веществом. Влияние полярных растворителей проявляется сильнее – как вы думаете, почему?

Известно, что многие соединения переходных металлов окрашены.

Чаще всего их окраска обусловлена тем, что d -орбитали атома или иона взаимодействуют с окружающими атомами или ионами по-разному. В результате этого взаимодействия d -подуровень расщепляется по энергии (рис. 6), и если он частично заполнен электронами, то возможны электронные переходы между новыми подуровнями. Из спектров можно найти величину расщепления, на основании которой делают выводы о степени окисления атома, его окружении, нюансах его взаимодействия с растворителем и др.

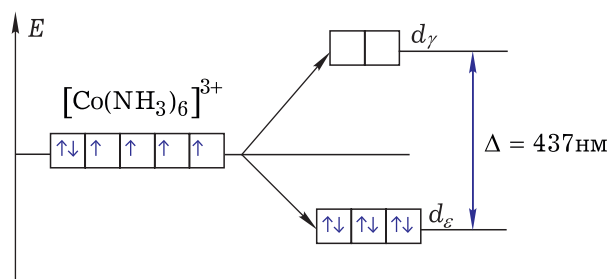


Рис. 6. Расщепление d -подуровня в комплексном ионе $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ (слева) и $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ (справа)

Длина волны, соответствующая $d-d$ переходам, обычно попадает в видимую область спектра, и такие вещества радуют наш глаз. Но по сути это такие же переходы между электронными состояниями, как и те, что проявляются в УФ-спектрах. Если бы мы могли видеть в ультрафиолетовой области, то мир во-

круг нас обрёл бы причудливые краски, а скучные бесцветные вещества заиграли бы неведомыми оттенками.

С помощью УФ- и оптических (видимых) спектров изучают химический состав и состояние вещества звёзд, состав горных пород и минералов, промышленных продуктов.

Колебания и вращения

Если снимать УФ-спектры с высоким разрешением, то широкие пики в определённых случаях превращаются в «гребёнку» более узких линий, каждая из которых, в свою очередь, может состоять из совсем тонюсеньких. Эти «гребёнки» называются тонкой структурой спектра. Отчего они появляются? Дело в том,

что каждому электронному энергетическому уровню могут соответствовать состояния молекулы с разной энергией колебаний и вращения. Поэтому электронный уровень при более пристальном рассмотрении состоит из нескольких колебательных «подуровней», а те, в свою очередь – из вращательных (рис. 7).

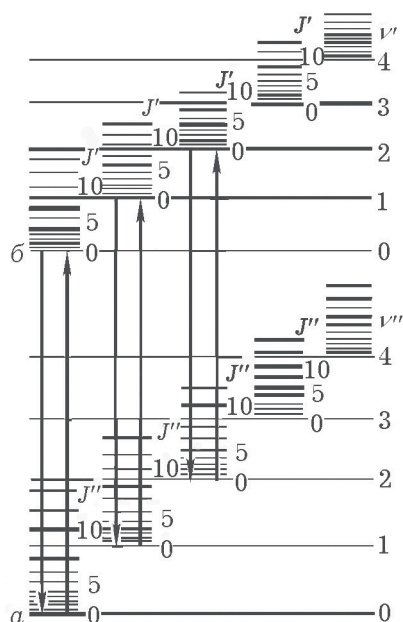
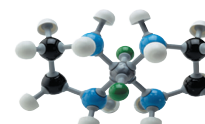


Рис. 7. Схема уровней энергии двухатомной молекулы: *a* и *б* – электронные уровни; v' и v'' – номера колебательных уровней для каждого электронного уровня; J' и J'' – номера вращательных уровней для каждого колебательного уровня

Колебательные спектры, не наложенные на электронные, получают, используя излучение с энергией, соответствующей переходам между колебательными уровнями – инфракрасное (ИК) излучение. «Чистые» вращательные переходы получают в микроволновом и радиодиапазоне.

Колебательные и вращательные спектры имеют не все молекулы. Для того, чтобы колебание или вращение проявлялось в ИК-спектре, при поглощении излучения должен меняться дипольный момент молекулы (его величина или направление). Поэтому неполярные молекулы отпадают.

Разница по энергии между колебательными уровнями (а следовательно, частота поглощаемого излу-

чения) тем больше, чем прочнее связь, которая выступает в роли «пружинки». Так, тройной связи соответствует частота примерно в 1,4 раза выше (а длина волны в 1,4 раза ниже) чем одинарной. Колебания по двойной связи попадают в интервал длин волн 5 000 – 6 500 нм, а по тройной – 4 000 – 5 000 нм. Частота зависит и от массы атомов, составляющих молекулу – точнее, от приведённой массы, которая для двухатомной молекулы АВ равна $m_A m_B / (m_A + m_B)$. Если, например, в молекуле HCl водород заменить на дейтерий, то приведённая масса возрастёт вдвое и частота уменьшится в 1,4 раза.

Почти все органические соединения имеют полосы поглощения в ИК-спектрах около 3 300 нм, обусловленные валентными колебаниями связи С – Н. (Кстати, подумайте: какие органические соединения не имеют этих полос?) Валентные колебания происходят вдоль связи, без изменения валентного угла (рис. 8). На рис. 9 левая группа пиков соответствует валентным колебаниям С – Н в *n*-гексане C_6H_{14} . Пики справа отвечают разным деформационным колебаниям, происходящим с изменением валентного угла. Примеры деформационных колебаний приведены на рис. 10, есть и другие их типы.

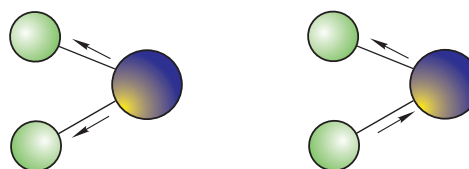


Рис. 8. Валентные колебания молекулы: симметричное (слева), асимметричное (справа)

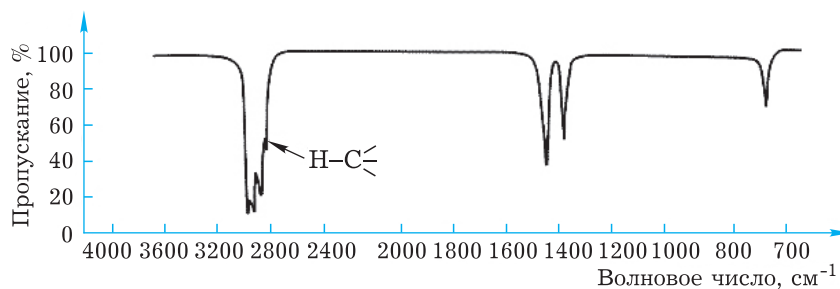
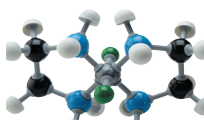
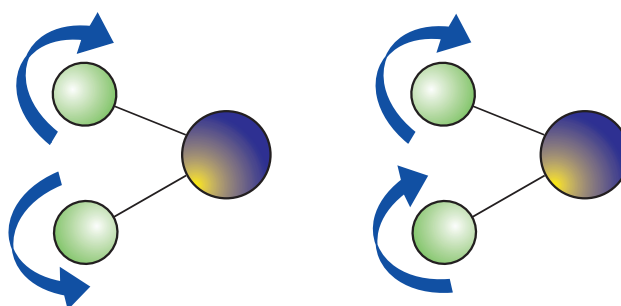
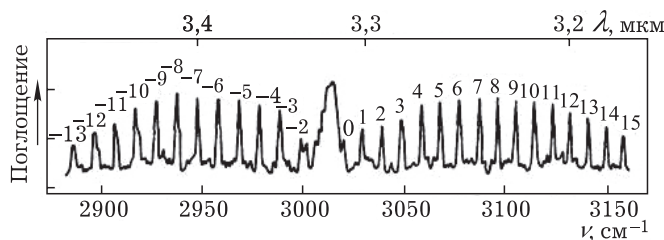
Рис. 9. ИК-спектр *n*-гексана¹

Рис. 10. Деформационные колебания молекул: ножничное (слева), маятниковое (справа)

Обратите внимание на величину, отложенную на спектре по оси x . Волновое число довольно часто используется в спектроскопии, оно представляет собой величину, обратную длине волны: $1/\lambda$.

Если колебательные спектры измеряются для веществ в любом агрегатном состоянии, то враща-

тельные спектры можно снять только у газов при низких давлениях, так как в жидкостях и твёрдых телах с вращением у молекул «туго». На рис. 11 видно, что колебательная полоса метана состоит из множества вращательных. С увеличением давления вращательные полосы уширяются и сливаются.

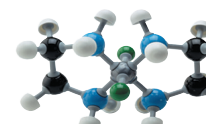
Рис. 11. Фрагмент ИК-спектра поглощения газообразного метана²

Из вращательных и колебательных спектров можно определить геометрию молекулы (длины связей, валентные углы), в определённых слу-

чаях – дипольный момент. Сравнивая ИК-спектры растворов с разными концентрациями, изучают межмолекулярное взаимодействие.

¹www.him.1september.ru/2002/21/no21_18.gif

²www.dic.academic.ru/pictures/enc_physics/009-60.jpg



Но главное применение ИК-спектроскопии – идентификация веществ. Если УФ-спектры многих молекул похожи, и на их основании можно говорить лишь о наличии в молекуле тех или иных групп атомов, то ИК-спектры индивидуальны, как отпечатки пальцев, и по ним можно точно «опознать» вещество. Область «отпечатков пальцев» находится в интервале 7 700 – 16 000 нм (в волновых числах 1 300 – 625 см⁻¹). В эту область попадают полосы поглощения, отвечающие, например, валентным колебаниям групп С – С,

С – О, С – N, различным деформационным колебаниям. В результате сильного взаимодействия этих колебаний отнесение полос поглощения к отдельным связям невозможно. Однако весь набор полос поглощения в этой области индивидуален для каждого вещества. Ещё в 1905 г. американский физик Кобленц опубликовал обширный обзор ИК-спектров многих органических и неорганических соединений, и с тех пор «галерея портретов» веществ, написанных в ИК-диапазоне, неуклонно пополняется.

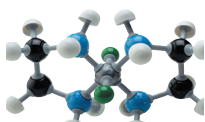
Самые дальние пределы

Инфракрасная и ультрафиолетовая области – вовсе не края спектра электромагнитного излучения. С увеличением длины волны ИК-излучение переходит в микроволновое, а далее в радиоизлучение. Если уменьшать длину волны, из ультрафиолета мы перейдём в рентген, а потом в гамма-область. Что интересного там скрывается?

Мы уже упоминали, что переходы между вращательными состояниями молекул соответствуют микроволновому и радиодиапазону. Значит, с помощью таких спектров можно их изучать. Также говорилось, что вращательные линии чётко проявляются лишь в спектрах разрежённых газов. Отсюда и поле применения спектроскопии радиоизлучения – это исследование космических объектов, например, межзвёздного газа. Но это не единственная причина активного использования радиоспектроскопии для изучения космоса. Так, удалённые объекты мы можем видеть практически только в радиодиапазоне: ведь пока их излучение шло к нам миллиарды лет, за счёт расширения Вселенной оно потеряло в частоте. А в микроволновом диапазоне регистрируется

реликтовое излучение – след Большого взрыва. По его неоднородностям пытаются проверять правильность космологических теорий.

Рентгеновские лучи возникают, когда разогнанные электроны сталкиваются с мишенью – обычно твёрдым телом. Энергия снарядов-электронов так велика, что при столкновении выбиваются не внешние электроны атомов мишени, а электроны внутренних, ближних к ядру оболочек. На их место «падают» электроны следующих оболочек, испуская рентгеновский квант, длина волны которого определяется энергетической разницей между электронными оболочками. А она, в свою очередь, зависит от природы самого химического элемента. В рентгеновском спектре появляются пики, соответствующие переходам с разных оболочек на самую нижнюю, первую (так называемые К-линии), в более длинноволновой области – на вторую (L-линии), на третью (M-линии)... Эти пики называются характеристическими, потому что они однозначно характеризуют элемент. Таким образом исследуют, например, состав сплавов, используя сплав в качестве мишени. Метод



особенно чувствителен к тяжёлым элементам – так, интенсивность пиков свинца в 200 раз выше, чем такого же количества углерода. С помощью спектров рентгеновского излучения определяют количественное содержание примесей тяжёлых элементов, в том числе свинца и брома, в авиационном бензине.

Энергия гамма-квантов слишком велика для переходов между электронными оболочками, но она в самый раз для переходов между состояниями ядра. С помощью гамма-спектроскопии изучают структуру и свойства атомных ядер. По положению линий в спектрах можно установить схемы энергетических уровней ядер, а по ширинам этих линий – времена жизни состояний ядра и

вероятности их распада. По характеристикам гамма-переходов возможно определение и других параметров, например, электрических квадрупольных и магнитных дипольных моментов ядер, т. е. распределений зарядов и токов в ядрах в различных состояниях. Как ни странно, гамма-спектроскопия может многое сказать и о химическом состоянии атома: например, о степени окисления атома и его окружении. Ведь эти факторы коррелируют с электронной плотностью на ядре и симметрией её распределения, что проявляется в ядерных спектрах, чрезвычайно чувствительных к изменению энергии переходов благодаря очень малой ширине линии излучения.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Закон Сорокатога

В системе параллельных реакций наиболее вероятен тот процесс, который наименее желателен.

Вывод

Число побочных продуктов реакции – бесконечно, целевых – конечно по определению.

Принцип сохранения и накопления загрязнений

Если исходные вещества, взятые для синтеза, – высокой степени чистоты, очистка продукта и посуды всё равно будет проблематичной. Если же реактивы содержат примеси – и то и другое, пожалуй, придётся выкинуть.

Следствие Ковыгина

В смеси продуктов реакции преобладает тот продукт, от которого труднее отмыть колбу.

Следствие Земцова

Чем выше адгезия нежелательного продукта, тем вероятнее разбить колбу при отмывке.





Биология



Аксёнова Лариса Александровна

Кандидат биологических наук.

Окончила кафедру физиологии растений
МГУ им. М.В. Ломоносова.

Всё в шоколаде

Пицца богов (*Theobroma cacao*) – такое имя растению придумал в 1753 году великий систематик Карл Линней. Мексиканские индейцы называли семена этого растения «какауатл»; испанские конкистадоры, быстро оценившие его вкусовые качества, – «какао». Древние ацтеки и майя готовили из него повседневную пищу, шоколатл («чоко» – пена, «атл» – вода).

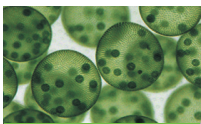
Семена жарили, очищали от оболочки, варили с водой, добавляли кукурузную муку, взбивали в пену и охлаждали. Ароматизировали блюдо перцем чили (*Capsicum annuum*), ванилью (*Vanilla planifolia*), ашиотом (*Bixa orellana*), ароматическими травами, подслащивали мёдом. Тот шоколад, которым мы с удовольствием лакомимся в настоящее время, был изобретён европейцами позже – в XIX веке. Возвращавшиеся в Европу «победители» привозили с собой шоколадную массу, спрессованную в форме пирога, из неё-то в XVII веке и готовили шоколадный напиток.

Сейчас в мире производится примерно 3 миллиона тонн какао-сырца ежегодно. Основные плантации, более 70 %, сосредоточены в Африке. Безусловный лидер поставок какаобобов – Кот-д'Ивуар (Берег Слоновой Кости). На родине шоколадного дерева, в странах Латинской Америки, собирают лишь 14 % от общемирового урожая. Причина вовсе не в том, что растение здесь «не ценят», а в его некоторых биологиче-



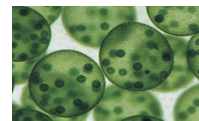
Марианна Норт. Плоды какао, Сингапур. 1871 год. Из коллекции картин галереи М. Норт в Королевских ботанических садах Кью, Лондон

ских особенностях и в воздействии экологических факторов. В пору цветения на одном дереве образует-



ся более 100 тысяч цветков, но лишь 0,5% из них в конечном итоге дают полноценные плоды. Растение перекрёстноопыляющееся, то есть плоды завязываются только при переносе пыльцы с одного цветущего экземпляра на другой. Некрупные, до 1 см, цветки какао расположены пучками на специальных «подушечках» прямо на стволе и ветвях шоколадных деревьев. Такую морфологическую особенность, необычную в умеренном климате, но достаточно распространённую в тропиках, называют каулифлорией. Это одно из приспособлений для опыления мелкими насекомыми. Другая интересная особенность строения растения состоит в том, что каждый вертикально растущий побег ветвится на 3 – 5 горизонтальных, на которых вновь образуются вертикальные, и так далее. Верхушечные почки вертикальных побегов отмирают. Растущее в дикой природе шоколадное дерево напоминает многоэтажную конструкцию. Культурным сородичам искусственно формируют крону, оставляя лишь ветви первого и второго порядка. Что из этого следует? Например, фермерам понравился вкус семян, высокая урожайность и устойчивость к заболеваниям конкретного дерева. Как его размножить и вывести новый сорт? Если фермер будет размножать растение вегетативно – черенками, то будущие растения сохранят материнский генотип, но вместе с ним – и особенности роста того материала, из которого был взят черенок. Так, из черенка вертикального побега вырастет одноствольное дерево без ветвей. Из черенка бокового побега – куст с неограниченным ветвлением. Если размножать растение семенами – не удастся сохранить свойства исходного материнского растения, поскольку шоколадное дерево перекрёстноопыляемое, и степень ге-

терозиготности необычайно велика. Да ещё различные вредители, вирусные и грибковые заболевания, для которых раздолье в тропическом климате, вносят ощутимую лепту в снижение продуктивности и жизнеспособности деревьев. (Например, в Бразилии, которая когда-то была вторым в мире поставщиком и производила более 400 000 тонн какао-сырца в год, в настоящее время почти все плантации шоколадных деревьев поражены грибковыми болезнями.) Во многом именно этими причинами объясняется тот факт, что до сих пор какао выращивают лишь в небольших фермерских хозяйствах. Все попытки (которые продолжаются и до сих пор) создать масштабные плантации с однородным генетическим материалом пока не увенчались успехом, хотя мировой спрос на какао в настоящее время значительно превышает его производство. Для наглядности приведём такие цифры: наблюдая за различными посадками какао в течение двух лет, никарагуанские агрономы посчитали среднюю (теоретическую) урожайность: 6,4 – 6,7 кг какао-сырца с одного дерева при огромном разбросе данных от 2,7 до 14,3 кг! В мире нет ни одной плантации какао с «выровненным» генетическим материалом. «Мы уверены, что ставшее традиционным правило, что только 30% всех деревьев обеспечивает 70% урожая, можно изменить, создав более продуктивные посадки, в которых доля высокопроизводительных деревьев может быть увеличена, и большой разрыв между фактическим выходом какао-сырца, составляющим примерно 0,33 т/га, и потенциально возможным – 5 т/га – можно сократить за счёт подбора хорошего генетического материала», – не сдают-ся учёные.



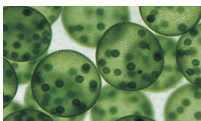
Каулифлория – цветки какао образуются прямо на стволе дерева

Страсти по какао

Казалось бы, современные молекулярно-генетические методы могут поспособствовать решению данной проблемы. Большие надежды возлагались на научный проект «Геном какао». Генетические последовательности расшифровывали «наперегонки» две команды учёных, щедро спонсируемые, с одной стороны, шоколадной корпорацией Mars Inc при поддержке департамента сельского хозяйства США и IBM, с другой – Hershey при поддержке правительства Франции. Журналисты сравнивали эту гонку с той, что возникла при расшифровке генома человека и легла в основу сюжета книги Джеймса Шрива «Геномная война» («The Genome War», James

Shreeve). Оду о расшифровке генома какао пока не сложили, но к 2010 году проект был в основном завершён, последовательности были опубликованы в научных журналах, с базой полученных данных можно ознакомиться на сайте www.cacao-genomedb.org. В этой битве, в отличие от сопровождавшего ярким взлётом и драматическим падением Celera Genomics проекта «Геном человека», официально была объявлена ничья.

Некоторые биологи называют какао «сиротской культурой», поскольку до недавнего времени шоколадное дерево просто терялось на фоне других важнейших сельскохозяйственных культур – кукурузы,



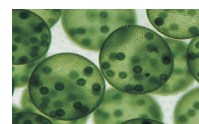
Плодоносящее растение *Theobroma cacao* L.

пшеницы и риса, – генетику которых активно изучают во всём мире. Планировалось, что расшифровка генома какао поможет в понимании происхождения генетических групп какао, в создании новых урожайных сортов, устойчивых к болезням, с улучшенными вкусовыми качествами (гиперпродукторов флавоноидов), с повышенным содержанием жиров, и в последующем микроклональном размножении отборных экземпляров через культуру *in vitro*. (Кстати, какао – одна из немногих культур, семена которых не удаётся сохранять в криобанках: они теряют жизнеспособность уже на стадии высушивания до требуемого состояния перед заморозкой. Поэтому столь популярный сейчас метод сохранения генофонда растительного материала здесь «не работает».)

Геном расшифрован, но история с «генеалогическим древом» *Theobroma cacao* L. по-прежнему оста-

ётся сложной и запутанной. Вид очень полиморфен и представлен рядом подвидов и форм. Родиной какао считают северные районы Южной Америки в бассейне реки Амазонки (территория современных Колумбии, Эквадора, Венесуэлы, Бразилии, Гайаны, Суринама и Французской Гвианы), а также прибрежные районы Мексики и Центральную Америку. В естественной среде обитания какао растёт в подлеске вечнозелёных тропических лесов по берегам рек на высоте ниже 300 метров над уровнем моря; корни растения могут выдерживать продолжительное затопление в течение года; оптимальное количество осадков – от 1 000 до 3 000 мм в год.

Систематики насчитывают от четырёх до девяти генетических групп какао. Традиционно одним из лучших по вкусовым качествам считают подвид «криолло» (*Criollo*) и его формы – f. *pentagonium* (Bern) Slatr, которую выращивают в ос-



новном в Мексике, и *f. leiocarpum* (Bern) Ducke (Гватемала). Среди наиболее известных подвидов от-

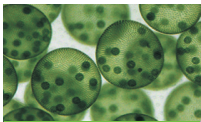
метим также «тринитарио» (Trinitario), «националь» (Nacional) и «форастеро» (Forastero).



Латинская Америка – страны Южной, Средней и Северной Америки (южнее США)



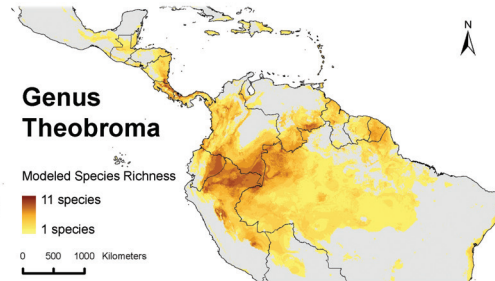
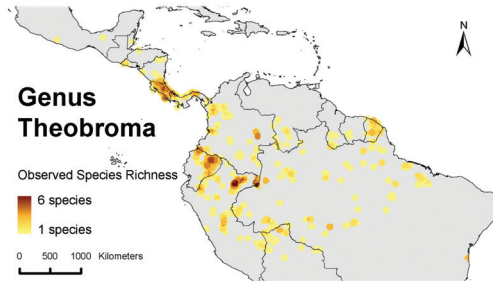
Зрелые плоды шоколадного дерева в зависимости от разновидности и сорта заметно различаются по форме и окраске



Испанские колонизаторы впервые попробовали какао в Мексике. Как пишут историки, в августе 1502 года Христофор Колумб увидел большое каное, доверху нагруженное какао-бобами, которые выглядели как козий помёт, и отчасти поэтому он обратил на них мало внимания! Но уже в 1520-е годы вкусовые достоинства «какауатла» испанцам были хорошо известны.

Вместе с тем, в «доколумбовой» Америке ароматную мякоть плодов какао и семена начали использовать в пищу и для приготовления разнообразных напитков, в том числе алкогольных, как минимум 2000 лет назад, а по некоторым данным – 4000 лет назад. Но центр происхождения *Theobroma cacao* L. всё же расположен не в Мексике. Современные исследования подтверждают ряд гипотез, высказанных ботаниками примерно сто лет назад. Центр

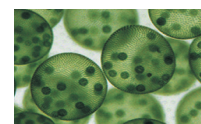
разнообразия, а следовательно, и происхождения растения – область Верхней Амазонки от южного Перу до эквадорской Амазонии и пограничных районов между Колумбией, Перу и Бразилией. Населявшие эти территории индейцы знали о пищевой ценности растения, но не выращивали его специально, а собирали плоды в природе. Кочевые племена, перемещаясь по континенту, способствовали распространению этого растения как в нижнем течении Амазонки, так и на север – в Мезоамерику (современная территория Мексики и Гватемалы), где собственно шоколадное дерево и было введено в культуру. Ольмеки, племена, населявшие эти края, создали первые в истории плантации какао около 400 г. до н. э.; 250 годом н. э. историки датируют изображения и описания какао, обнаруженные при раскопках древних поселений майя.



Природное генетическое разнообразие рода Theobroma в настоящее время (слева) и хронологическая реконструкция на момент плейстоцена (справа)

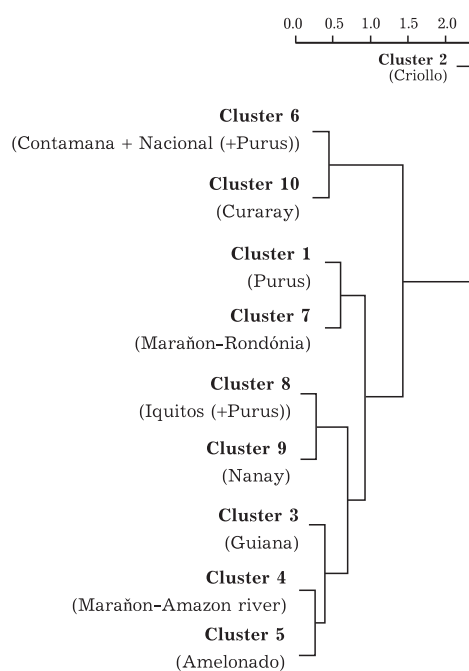
Чтобы разобраться в «генеалогическом древе» какао, исследователи из Колумбии проанализировали ДНК почти тысячи экземпляров семян, собранных в 12 странах в период с 1937 по 2005 год, а также семян 19 других видов *Theobroma*. На основании полученных данных был сделан вывод, что в Центральную Америку семена какао были привезены из области Верхней Амазонки. Другой любопытный факт, на который натолкнулись учёные, – высокое ге-

нетическое разнообразие материала, обнаруженное в районе города Икитос в Перу. Письменных подтверждений тому, что в те далёкие времена здесь выращивали какао, нет. Но возможно, этот город был «доколумбовым» сельскохозяйственным центром, куда доставляли лучшие экземпляры растений. Из Перу пути-дороги привели исследователей к эквадорскому побережью Тихого океана, где выращивают уникальный подвид какао с изыскан-



ным цветочным ароматом – Nacional. Учёные предполагают, что этот ценный генетический материал люди принесли в эти края из бассейна реки Амазонки, перейдя Анды. Подвид Criollo, по мнению исследователей, изначально был отобран для выращивания в Венесуэле, откуда затем попал в Мексику, где стал очень популярным, и откуда, возможно, вновь вернулся в Южную Америку и шагнул за пределы континента. Подвид Trinitario несёт в себе гены Forastero и Criollo и, очевидно, представляет собой совокупность гибридных форм этих двух генетических групп. При таком широком полиморфизме *Theobroma cacao* L. ряд генетических групп находится под угрозой исчезновения. Эквадорские учёные бьют тревогу: шоколадные деревья подвида Nacional, традиционно выращиваемые в Эквадоре, после того, как в страну в начале XIX века были введены деревья других подвидов, были поражены грибковыми заболеваниями. В настоящее время их численность катастрофически сокращается, что усугубляется и переопылением форм. Nacional стал известен во всём мире благодаря присущему исключительно ему своеобразному сильному цветочному аромату

«arriba». В 1890 году у сортов этого подвида было «привилегированное» положение на шоколадных рынках Гамбурга и Лондона, а в настоящее время Международная организация какао (ICCO) оценила 25 % производимого в Эквадоре какао как «массовое», не отличающееся особыми вкусовыми качествами.

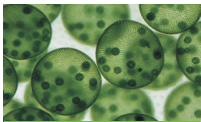


Кластерный анализ генетических групп *Theobroma cacao* L.

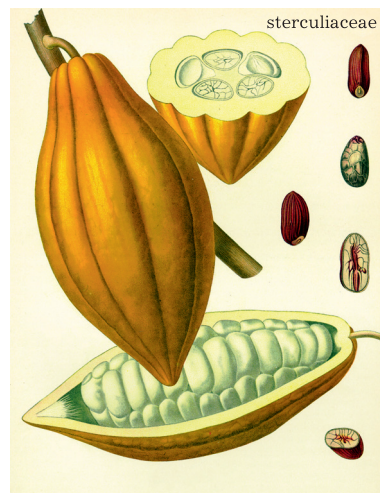
На вкус и цвет товарища нет

Вкусовые характеристики какао-продуктов, приготовленных из различных сортов *Theobroma cacao* L., заметно отличаются. Технология переработки везде примерно одинакова: зрелые плоды собирают, вскрывают, вынимают из них семена и помещают в контейнеры для ферментации. В процессе ферментации семена приобретают характерную «шоколадную» окраску, нежный вкус и тонкий аромат. После ферментации семена сушат. Обработанные таким способом семена поступают на

предприятия, где подвергаются дальнейшей обработке. Их обжаривают и снимают хрупкую деревянистую оболочку. Оболочка называется какаовеллой, из неё добывают алкалоид теобромин. Иногда какаовеллу добавляют в какао-порошок низкого качества, из которого готовят напиток «горячий шоколад». Очищенные от оболочки семена, неправильно называемые какао-бобами, используют для получения какао-порошка, масла какао и тёртого какао (какао-массы). В семенах содержится 45 – 53,2 %



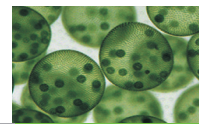
масла в виде смеси триглицеридов стеариновой, пальмитиновой, лауриновой, арахидиновой и олеиновой кислот. Масло какао обладает уникальными свойствами: температура его плавления составляет 34 °С, чуть ниже температуры тела человека, на чём основано его широкое применение в медицине (с XVII века). В составе семян какао – до 10 % фенолов и флавоноидов, 1 – 3 % алкалоида теобромина и примерно 0,25 % кофеина, а также калий, магний, кальций и железо.



Плоды и семена *Theobroma cacao* L.

Если все семена перерабатывают сходным способом, почему отличается вкус различных сортов какао и даже семян одного сорта, но разного года урожая? Любопытное исследование провели в Никарагуа. Объектом изучения стали 100 индивидуальных деревьев какао из девяти генетических групп, выращиваемых в местечке Васлала (Waslala). Десять опытных дегустаторов, которые прошли специальное обучение, оценивали вкус шоколадной массы, получаемой из ферментированных и неферментированных семян какао урожая 2008 – 2009 и 2010 – 2011 годов. Учёные тем временем определяли

содержание основных биологически активных веществ в этих образцах. (Есть работы, в которых описывают до 84-х различных химических компонентов, формирующих аромат и вкус какао.) Никарагуанские исследователи ограничились анализом семи основных биологически активных веществ. А затем сопоставили органолептические и химические характеристики. Вот к каким выводам они пришли: в девяти исследованных генетических группах какао значительно отличался уровень соотношения основных метилксантинов – теобромина и кофеина (Т/К), общее содержание жиров, процианидина В5, эпикахетина, а также общие вкусовые качества, терпкость и аромат. Особенно сильно различия проявлялись в химическом составе неферментированных семян даже близких генетических групп. При ферментации содержание метилксантинов (теобромина и кофеина) сокращалось незначительно, а фенольных соединений – эпикатехинов, процианидинов – почти в пять раз. В какао-бобах Criollo было зарегистрировано самое высокое содержание кофеина и самое низкое – теобромина, в сравнении с другими подгруппами. Далее в порядке убывания содержания кофеина и возрастания содержания теобромина идут Trinitario и Forastero. Индекс соотношения теобромина и кофеина (Т/К) оказался хорошим показателем для оценки морфогенетических типов какао – Criollo, Trinitario и Forastero. Вместе с тем, восприятие интенсивности аромата какао прямо зависело от содержания горьких алкалоидов. Но при этом, чем выше было содержание полифенолов, в частности, процианидинов, в неферментированных семенах, тем сильнее ощущался нежелательный вяжущий вкус. Как считают учёные, количественные характери-



стики некоторых химических соединений в неферментированных какао-бобах могут стать хорошим показателем вкусовых качеств, которые проявятся в дальнейшем в ферментированных и обжаренных какао-бобах. Никарагуанские учёные также подметили, что и форма семян имеет значение: семена подвида Criollo округлой формы лучше аэри-

руются при ферментации, чем ребристые семена других подвигов. И, наверное, самый значимый вывод данного исследования заключался в том, что способ ферментации решает всё; семена, несущие в себе потенциал самых лучших вкусовых достоинств могут быть «загублены» длительным брожением на ярком свету без достаточной аэрации.

Молоко вдвойне вкусней, если...

История гласит, что первым, кто догадался смешать какао с молоком, был британский врач и заядлый коллекционер сэра Ханс Слоун. В молодом возрасте он отправился на Ямайку, где познакомился со вкусом напитка и собрал гербарные образцы. Именно по ним в дальнейшем Карл Линней составил ботаническое описание и дал научное название растению – *Theobroma cacao*. Ханс Слоун был неплохим предпринимателем и продал идею изготовления шоколада семье Кэдбери (Cadbury). Этот неординарный человек прославился также тем, что основал знаменитый Британский музей, в коллекции которого до сих

пор хранятся привезённые им с Ямайки образцы какао.

Ингредиенты для изготовления шоколада – какао-порошок и масло какао – получают из ферментированных и поджаренных семян какао. В стандартной плитке молочного шоколада содержится примерно 15 % какао-массы и 20 % какао-порошка. Некоторые производители добавляют в какао-массу до 6 % других растительных жиров, чтобы добиться желаемой консистенции готового продукта.

Шоколад – это больше, чем просто лакомство. Есть ряд данных, которые свидетельствуют о его позитивном влиянии на здоровье человека.



Ханс Слоун, британский врач и путешественник (1660 – 1753)

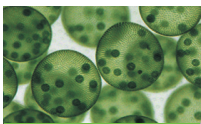


Шоколадные конфеты ручной работы – праздник вкуса

«Шоколад может вылечить даже разбитое сердце...»

Семена и оболочки неферментированных какао-бобов находят применение в качестве вспомогательного средства в лечении различных заболеваний, в том числе сахарного

диабета и болезней желудочно-кишечного тракта. Какао-порошок, полученный из ферментированных какао-бобов, используют для профилактики болезней сердца. Пишут,



что масло какао способствует снижению уровня холестерина, хотя его эффективность всё ещё остаётся под вопросом. Масло какао широко используется в продуктах питания и фармацевтических препаратах, а также в качестве основы для изготовления увлажняющих кремов для кожи.

Вопрос о том, полезен ли шоколад при гипертонии, до сих пор остаётся открытым. Хотя в последнее время появилось множество научных публикаций на эту тему, большей ясности они не привнесли. Одни исследователи говорят: «Да, какао-продукты снижают артериальное давление, поскольку содержащиеся в них флавоноиды влияют на образование в кровеносных сосудах окиси азота, которая способствует их расширению». В другом, клиническом, испытании были получены противоречивые результаты. В третьем, масштабном, исследовании подвергли анализу данные двенадцати клинических испытаний, в которых участникам эксперимента давали какао-продукты в течение 2–18 недель. Оказалось, что эффект был замечен только в том случае, если люди употребляли какао менее двух недель. При длительном употреблении феномен не проявлялся. Вместе с тем, статистически достоверным было признано снижение артериального давления лишь на 2–3 мм ртутного столба. Это много или мало? В четвёртом исследовании проанализировали данные шведского министерства здравоохранения за 10 лет. В выборку попало 37 103 мужчины, среди которых, как выяснилось, у тех, кто ел шоколад, риск инсульта был ниже. Но в этом исследовании могли не учесть какие-то другие, более весомые, факторы.

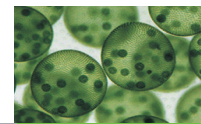
Биологически активные вещества какао активно изучают. И не только алкалоиды – теобромин и кофеин, – которые оказывают известный сти-

мулирующий эффект на центральную нервную систему. Например, в одном исследовании порошок какао подвергли очистке от жиров, алкалоидов и полифенолов. Оказалось, что оставшиеся в автолизате аминокислоты (в основном гидрофобные) в условиях лабораторного эксперимента на животных проявляли способность усиливать секрецию инсулина и, соответственно, снижать концентрацию глюкозы в крови.

Поле изучения полезных свойств какао настолько плотно, что экспериментаторам приходится проявлять изрядную изобретательность, чтобы их заметили. Японские стоматологи, например, удалив у 24-х пациентов зубы мудрости, не выкинули их, а сохранили, обработав половину из них теоброминном, а другую – оставили в качестве контроля. Оказалось, что эмаль обработанных теоброминном зубов лучше противостоит деминерализации.

А вот выводы, к которым пришли авторы статьи, примерно год назад опубликованной в *Journal of Experimental Biology*: флавонолы какао (эпикатехин) улучшают память у улиток. В данной работе изучали не только какао. В качестве источников флавонолов экспериментаторы использовали также красное вино и зелёный чай. Оценивали влияние на основные функции большого прудовика – дыхание и движение, а также, через систему локомоторных тестов, на формирование долговременной памяти и «жизнестойкости».

Но и это не предел научной фантазии. Пару месяцев назад в авторитетном *New England Journal of Medicine* появилась статья, авторы которой на основании информации из Wikipedia и данных трёх сайтов (немецкой, бельгийской и швейцарской шоколадных компаний) пришли к заключению, что чем больше шоколада на душу населения потребляется в стране, тем больше нобе-



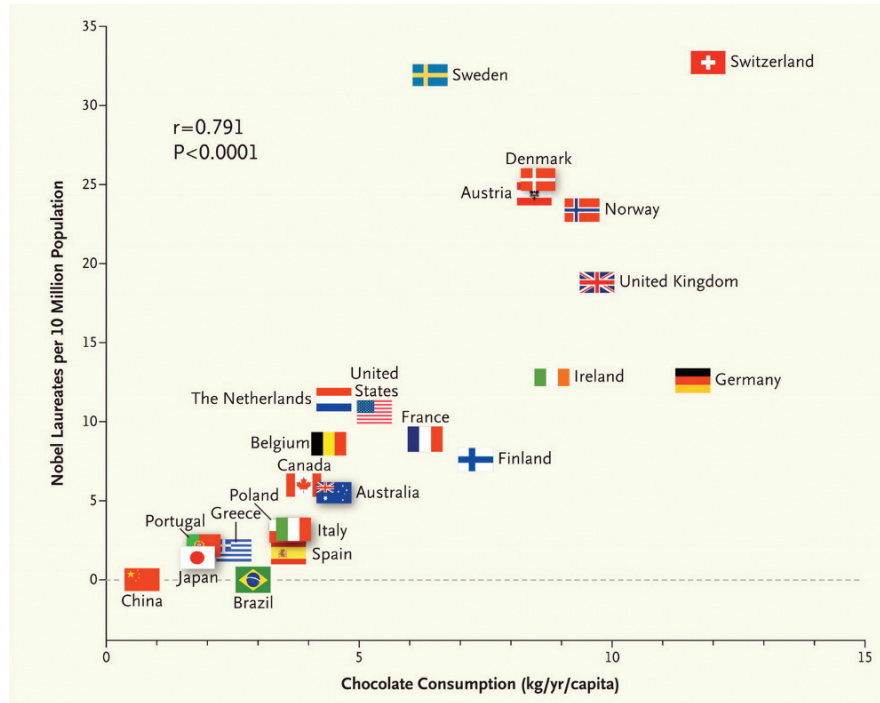
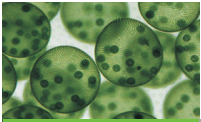
левских лауреатов она даёт миру. Проанализируем это исследование более подробно. В ранжированном списке нобелевских лауреатов на предполагаемые 10 миллионов населения (www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_Nobel_laureates_per_capita), которым воспользовались американские учёные, лидируют Сент-Люсия с населением 174 тыс. человек, Люксембург с населением чуть более 500 тыс. человек и Исландия с населением примерно 300 тыс. человек. То есть уже здесь содержится сомнительное допущение, что если бы население этих стран составляло 10 миллионов, то количество нобелиатов возросло бы пропорционально этой величине. (На самом деле в этих трёх странах вместе взятых их всего пять, и эти страны почему-то в данной работе не рассматривали, хотя сопоставлением бесконечно больших и бесконечно малых величин через ряд предполагаемых допущений авторы грешат.) Безусловные абсолютные лидеры по количеству лауреатов – США (338 человек) и Великобритания (119 человек) в числе других (всего 22 страны) попали в фокус внимания исследователей наряду с Китаем и Индией, где на более чем миллиардное население приходится всего 8 и 9 нобелиатов соответственно. Почему в исследование не включили Россию, в активе которой 23 нобелевских лауреата, авторы не поясняют, зато объясняют, почему всю статистику «портят» шведы, съедающие всего по 6,4 кг шоколада в год, а не по 11 кг как швейцарцы. По мнению учёных из St. Luke's-Roosevelt Hospital and Columbia University, чтобы выглядеть «правильной» на фоне других стран, Швеция должна была бы дать миру всего 14 лауреатов, а не 32, что возможно объясняется «патриотической предвзятостью» комитета Нобелевских премий, расположенного в Стокгольме. Пыт-

ливый читатель легко обнаружит в Интернете статистические данные для России и выяснит, что каждый житель нашей страны съедает в среднем 4,9 кг шоколада в год, а удельное количество нобелевских лауреатов (данные по оси y) составляет 1,6. Поставив соответствующую точку на данном графике, можно самостоятельно прийти к выводу, что Россия, как и Швеция, также «портит» статистику, но нам нобелевских премий «не додали»...

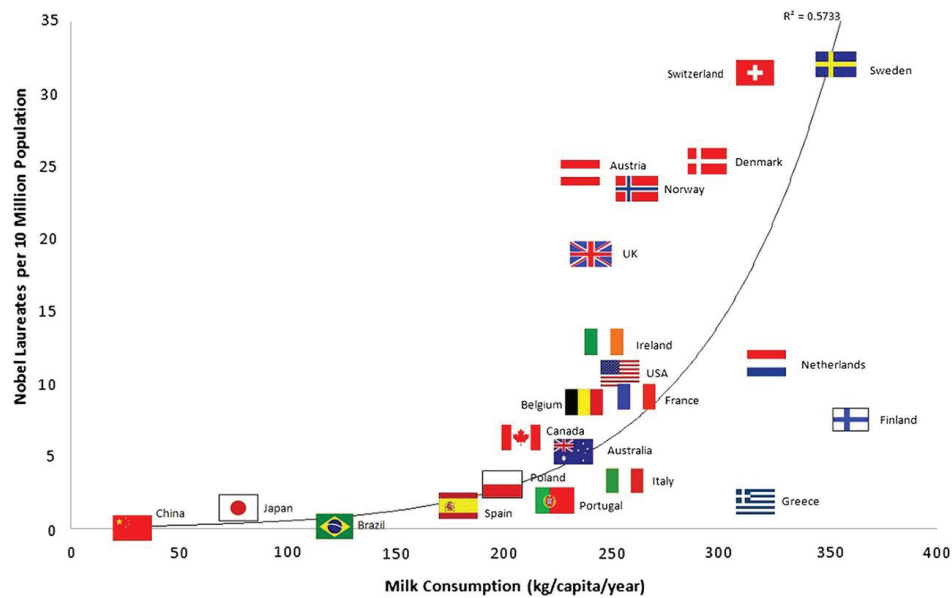
Британские коллеги решили «реабилитировать» шведских учёных и проанализировали статистические данные по потреблению молока на душу населения, поскольку в состав какао-продуктов часто входит и молоко. Эти данные сопоставили с данными предыдущей работы. Они в целом совпали, и Швеция «вписалась» в общую закономерность, полученную авторами предыдущего исследования. Всё встало на свои места. Мы же ещё раз вспомним гениальное изречение Марка Твена о том, что «существует три вида лжи: ложь, наглая ложь и статистика». Но если шоколад даёт хороший повод улыбнуться не только при его поедании, но и при чтении о нём, возможно именно в этот момент он оказывает свой самый главный терапевтический эффект.



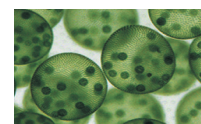
Какао пьют не только боги, но и дети



Количество потребляемого шоколада на душу населения в год (по оси x) и количество нобелевских лауреатов на 10 млн населения (по оси y). doi: 10.1056/NEJMon1211064



Количество потребляемого молока на душу населения в год (по оси x) и количество нобелевских лауреатов на 10 млн населения (по оси y). doi: 10.1136/practneurol-2012-000471



Литература

1. *Argout X. J., Salse J. M., Aury M. J. et al.* 2010. The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Genetics* 43: 101 – 108.
2. *Franz H., Messerli, M.D.* Chocolate Consumption, Cognitive Function, and Nobel Laureates. *N Engl J Med* 2012; 367:1562-1564. October 18, 2012. doi: 10.1056/NEJMon1211064.
3. *Linthwaite S., Fuller G. N.* Milk, chocolate and Nobel prizes. *Pract Neurol* 2013;13:63. doi:10.1136/practneurol-2012-000471.
4. *Fruson L, Dalesman S, Lukowiak K.A.* Flavonol present in cocoa epicatechin enhances snail memory. *J Exp Biol.* 2012 Oct 15;215(Pt 20):3566-76.
5. *Desideri G., Kwik-Urbe C., Grassi D. et al.* Benefits in cognitive function, blood pressure, and insulin resistance through cocoa flavanol consumption in elderly subjects with mild cognitive impairment: the Cocoa, Cognition, and Aging (CoCoA) study. *Hypertension.* 2012 Sep;60(3):794-801. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.193060. Epub 2012 Aug 14.
6. *Ried K., Sullivan T.R., Fakler P., Frank O.R., Stocks N.P.* Effect of cocoa on blood pressure. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012 Aug 15;8:CD008893. doi: 10.1002/14651858.CD008893.pub2.
7. *Larsson S.C., Virtamo J., Wolk A.* Chocolate consumption and risk of stroke: a prospective cohort of men and meta-analysis. *Neurology.* 2012 Sep 18;79(12):1223-9. doi: 10.1212/WNL.0b013e31826aacfa. Epub 2012 Aug 29.
8. *Sarmadi B., Aminuddin F., Hamid M. et al.* Hypoglycemic effects of cocoa (*Theobroma cacao* L.) autolysates. *Food Chem.* 2012 Sep 15;134(2):905-11. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.02.202. Epub 2012 Mar 7.
9. *Kargul B., Ozcan M., Peker S. et al.* Evaluation of human enamel surfaces treated with theobromine: a pilot study. *Oral Health Prev Dent.* 2012;10(3):275-82.
10. *Trognitz B., Cros E., Assemat S. et al.* Diversity of Cacao Trees in Waslala, Nicaragua: Associations between Genotype Spectra, Product Quality and Yield Potential. *PLoS ONE.* 2013; 8(1): e54079. Published online 2013 January 18. doi: 10.1371/journal.pone.0054079.
11. *Loor Solorzano R.G., Fouet O., Lemainque A. et al.* Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLoS ONE.* 2012; 7(11): e48438. doi:10.1371/journal.pone.0048438.
12. *Thomas E., van Zonneveld M., Loo J. et al.* Present Spatial Diversity Patterns of *Theobroma cacao* L. in the Neotropics Reflect Genetic Differentiation in Pleistocene Refugia Followed by Human-Influenced Dispersal. *PLoS ONE.* 2012; 7(10): e47676. doi:10.1371/journal.pone.0047676.

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Калейдоскоп

Близкий родственник какао – купуасу (*Theobroma grandiflorum*), какао крупноцветковое. У него очень крупные плоды – до 35 см в длину и весом в 1,5 кг! В бассейне реки Амазонки его выращивают из-за сочной вкусной мякоти, из которой готовят соки, желе, десерты и ликёры. При желании из его семян можно приготовить шоколад (купулад). Но в них содержится мало изученное вещество – теакрин, поэтому если придётся пробовать купулад из купуасу – наслаждайтесь его вкусом с осторожностью.





Медицина



Броновицкий Евгений Вадимович
 Магистрант кафедры биотехнологии
 биологического факультета
 МГУ им. М.В. Ломоносова.

Генетические модели нейродегенеративных заболеваний человека

Многие из вас слышали про болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, хорею Хантингтона. Все эти болезни на данный момент считаются неизлечимыми. Однако бороться с такими недугами можно и нужно. Учёные со своей стороны делают всё возможное: изучают происхождение болезней, разрабатывают лекарства, изучают причины заболеваний. Об этих заболеваниях и моделях, которые учёные используют в своих экспериментах, вы и узнаете из нашей новой статьи серии «Медицина».

Каждый из нас – это личность с осознанием собственного «Я», и кажется, что ничто не способно нарушить основы такого мышления человека. Но глубоко внутри некоторых из нас есть «Оно», которое способно затмить собой «Я». «Оно», порождаемое болезнью, ведущей к дегенерации центральной нервной системы. Болезнью, способной превратить *Homo sapiens* в растение в самом прямом смысле этого слова, испить

все жизненные и психические соки. Бороться с болезнью можно, методы совершенствуются с каждым днём, однако революционных прорывов пока нет. Сегодня в сотнях лабораторий мира неустанно трудится армия учёных, пытаюсь понять истоки и механизмы нейродегенеративных заболеваний, ведутся поиски новых лекарственных препаратов, направленных на устранение не только симптомов, но и причин заболевания.

Генетические модели нейродегенеративных заболеваний человека

«...С Макгрегором мы познакомились в неврологической клинике для престарелых имени Св. Дунстана, где я одно время работал. С тех пор про-

шло девять лет, но я помню всё так отчётливо, словно это случилось вчера.

– В чём проблема? – осведомился я, когда в дверь моего кабинета по



диагонали вписалась его наклонная фигура.

– Проблема? – переспросил он. – Лично я никакой проблемы не вижу... Но все вокруг убеждают меня, что я кренюсь набок. «Ты как Пизанская башня, – говорят, – ещё немного – и рухнешь».

– Но сами вы перекося не чувствуете?

– Какой перекося! И что это всем в голову взбрело! Как могу я быть перекошен и не знать об этом?

– Дело тёмное, – согласился я. – Надо всё как следует проверить. Встаньте-ка со стула и пройдите по кабинету. Отсюда до стены и обратно. Я и сам хочу взглянуть, и чтобы вы увидели. Мы снимем вас на видеокамеру и посмотрим, что получится.

– Идёт, док, – сказал он, углом вставая со стула. Какой крепкий старикан, подумал я. Девяносто три года, а не дашь и семидесяти. Собран, подтянут, ухо остро. До ста доживёт. И силён, как портовый грузчик, даже со своим Паркинсоном.

Он уже шёл к стене, уверенно и быстро, но с невозможным, градусов под двадцать, наклоном в сторону. Центр тяжести был у него сильно смещён влево, и он лишь каким-то чудом удерживал равновесие.

– Видали?! – спросил он с торжествующей улыбкой. – Никаких проблем – прям, как стрела.

– Как стрела? Давайте всё же посмотрим запись и убедимся.

Я перемотал плёнку, и мы стали смотреть. Увидев себя со стороны, Макгрегор был потрясён; глаза его выпучились, челюсть отвисла...

– Я кренюсь в сторону и не знаю

об этом, так? Но должен знать об этом, так? Значит, должно быть, какое-то ощущение, ясный сигнал, но он не приходит...

Я раньше работал плотником, и мы всегда брали уровень, чтобы определить наклон поверхности. Есть в мозгу что-то вроде ватерпаса?

Я утвердительно кивнул.

– Может его вывела из строя болезнь Паркинсона?

Я кивнул опять.

– И это случилось со мной?

Я кивнул в третий раз. Всё в точку!»...¹



Однако не каждый больной Паркинсоном может похвастаться столь отменным здоровьем, да и в таком-то возрасте! Чаще всего люди, страдающие заболеваниями центральной нервной системы, – неизлечимо и тяжело больны. Болезнь коверкает и делает таких людей социально непригодными, оторванными от мира, неспособными к самообслуживанию, с угасающим осознанием собственной личности.

Мы стареем

Человеческая популяция, как и

все другие, подчиняется определён-

¹Отрывок из книги американского невролога Оливера Сакса «Человек, который принял свою жену за шляпу, и другие истории из врачебной практики».



ным правилам популяционной динамики. Любая популяция рано или поздно, согласно этим правилам, входит в фазу старения. Средний возраст жителя планеты Земля постоянно растёт, что особенно ярко наблюдается в странах с развитой экономикой. По данным ВОЗ средний возраст по планете на 2009 год составляет 68 лет, что на 4–5 лет превышает результат начала 90-х. Конечно, хорошо, что смерть не поспевает за сегодняшней медициной, но есть и обратная сторона медали. Увеличение сроков жизни непременно тянет за собой большое количество болезней, обычно наступающих в пожилом возрасте. И не должны мы забывать, что за научно-техническим прогрессом, обеспечившим нас всем необходимым для «долгой» жизни, стоит ухудшение экологического состояния Земли. Кроме генов большую роль в благо-

получии человека играет окружающая среда.

Всё чаще встречаются различные заболевания: инфекционные, метаболические, нейродегенеративные. Человечество встало перед серьёзной проблемой, которая требует немедленного решения как фундаментальных, так и прикладных проблем медицины.

Современные достижения генетики, молекулярной биологии и фармакологии позволяют нам проникнуть глубже в корень патологии, выявить механизмы её развития, для того чтобы иметь в запасе арсенал превентивных мер. В этой статье мы поговорим об одном из главных инструментов изучения фундаментальных основ различных патологических состояний центральной нервной системы человека – о трансгенных животных моделях нейродегенеративных заболеваний.

Нервные клетки не восстанавливаются

Отмирание нервных клеток – это нормальный процесс удаления отработанных «станций передачи» нервного импульса. Клетки высоко дифференцированы, делиться не могут. Организм держит процесс отмирания под жёстким контролем: строго определённые клетки в строго определённом количестве. Однако когда процесс бесконтрольно прогрессирует, нанося непоправимый ущерб организму, говорят о развитии нейродегенеративного заболевания.

Нейродегенеративные заболевания (НДЗ) – это заболевания, возникающие в результате прогрессирующей дегенерации и гибели нейронов, входящих в определённые

структуры центральной нервной системы (ЦНС), что приводит к разрыву связи между её отделами и дисбалансу.

НДЗ – это список, включающий в себя множество патологий со схожими симптомами. Наиболее известные из этих болезней – это болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера, хорea Хантингтона, а также различные деменции¹. Большинство из них объединяет схожая природа и время развития. Главный объединяющий признак – это возраст дебюта заболевания. У людей 70–75 лет распространённость НДЗ составляет приблизительно 5 %, а в возрасте 80 – лет более 15 %. Извест-

¹Деменция – приобретённое слабоумие, стойкое снижение познавательной деятельности с утратой в той или иной степени усвоенных ранее знаний и практических навыков, затруднением или невозможностью приобретения новых. Деменция – это распад психических функций в результате поражений мозга, наиболее часто происходящий в старости.



но, что основу большинства патологий ЦНС определяют генетические факторы, такие как передача болезни по наследству или прижизненные мутации в соответствующих генах. Именно по этой причине такие заболевания могут развиваться в достаточном раннем возрасте. Существуют ещё и спорадические формы НДЗ, они обусловлены приобретённой патологией, например инфекцией, поразившей ЦНС и вызвавшей определённые метаболические нарушения.

НДЗ имеют абсолютный смертельный исход, и практически всё лечение основано на облегчении или удалении симптомов. К несчастью, знания о патологических механизмах развития и течения болезней ЦНС, которыми на сегодняшний день располагает медицина, не позволяют проводить лечение, направленное на устранение причин заболевания. Жизненно необходимо иметь в руках инструмент, который бы позволил

выявить скрытые от взоров учёных причины развития заболевания и определения потенциальной терапии.

Представьте себе ситуацию, когда необходимо испытать большое количество потенциальных препаратов для лечения болезни «X». И испытать не просто в пробирке (*in vitro*), а на живой системе (*in vivo*), «страдающей» заболеванием «X». Испытуемая живая система должна обладать всеми признаками, характерными чертами как на организменном, так и на молекулярном уровнях, присущими заболеванию «X». И такие системы есть, точнее сказать, они постоянно появляются и обновляются. Это генетически модифицированные животные модели. Подобные модели являются идеальными экспериментальными системами для исследования молекулярно-генетических основ патогенеза болезни, для изучения функций генов, вовлечённых в её развитие, оценки терапевтического эффекта испытываемого препарата.

ГМ организмы – что это?

Мы отовсюду слышим о ГМО, много хорошего, много и плохого (чаще всего такие обвинения неконструктивны), а ведь это всего лишь организмы, геном которых изменён при помощи методов геной инженерии: внесены новые гены или же изменены специфические (внесены определённые мутации, удалены или выключены). Такие организмы могут быть использованы в качестве модельных для исследования челове-

ческих заболеваний.

На сегодняшний день существует множество модельных систем: культуры клеток (нейрональные клетки), бактерии (*Escherichia coli*), нематоды (*Caenorhabditis elegans*), плодовые мушки (*Drosophila melanogaster*), рыбы (*Danio rerio*), грызуны (мыши – *Mus musculus* и крысы – *Rattus norvegicus*) и другие животные.

Критерии генетической модели

Для того чтобы генетическая модель стала функционально полезной, она должна отвечать определённым требованиям. Поведенческие и эндокринные характеристики модели

должны соответствовать симптоматике моделируемого заболевания, а также они должны согласоваться с уже известными данными о механизмах развития и прогрессии заболевания.

Создание модели и всё, что этому предшествует

Созданию модели, жизнеспособной и отвечающей всем требо-

ваниям исследователей, предшествует сложная работа по иденти-



фикации генов и механизмов, которые задействованы в развитии патологии. Схематично процесс можно представить следующим образом: сначала определяется характер наследования заболевания (например, врач-генетик проводит анализ родословной), после – местонахождение гена или нескольких генов в геноме (проводится анализ сцепления), его локализация в хромосоме, после – анализ последовательности предполагаемого гена у больных и здоровых родственников. Их сравнение и идентификация мутаций, возможно причастных к развитию патологии. Теперь можно взяться за мышей. Здесь уже проще.

Сейчас мышинный геном полностью прочитан и расшифрован. Составлены его подробные карты. Поэтому отыскать подобный человеческому гену ген в мышинном геноме не составляет труда. Теперь всё зависит от того, какую модель исследователи хотят получить. Если необходимо выяснить функцию гена, то его нокаутируют¹ (выключают). Если необходимо проверить работу мутантных вариантов гена и влияние определённых мутаций на развитие заболевания (например, мутации, обнаруженные у больных пациентов в результате анализа родословной), то заменяют нормальный ген его мутантным вариантом (рис.1).

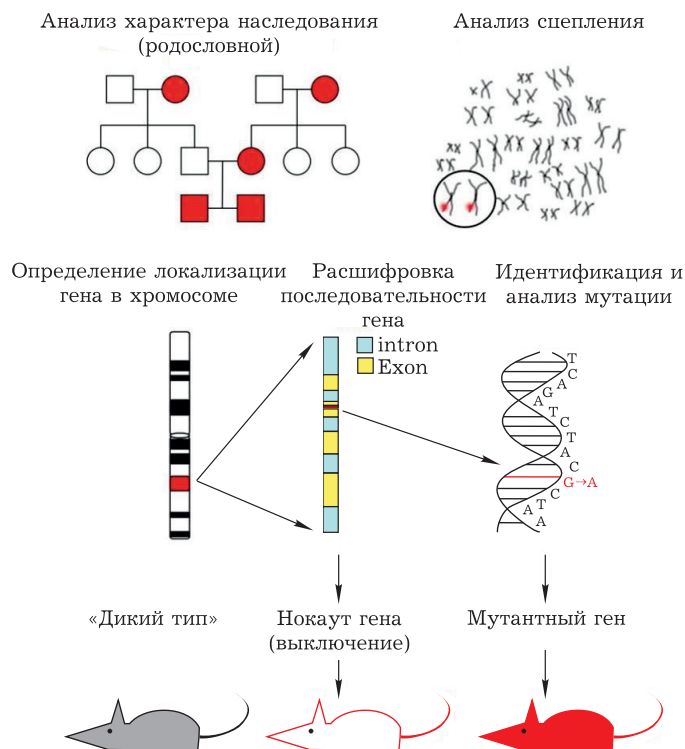


Рис. 1. Создание трансгенной модели наследственного заболевания человека на примере мыши (источник «Transgenic animal models of neurodegeneration based on human genetic studies» В.К. Harvey et al., *Journal of Neural Transmission*, 2011)

¹Генетический нокаут – это метод молекулярной генетики, при котором из организма удаляют или делают неработоспособными определённые гены. Таким образом получают организм, нокаутный по неработающим генам (www.wikipedia.org).



Моделирование человеческих заболеваний – это весьма сложный процесс, которому предшествует большая подготовительная работа. А получение трансгенного животного – это тема не одного тома книги, поэтому поговорим о моделях на конкретных примерах.

Наследственные нейродегенеративные заболевания – это группа гетерогенных генетических расстройств, характеризующихся потерей структуры и функции нейронами, в целом сопровождаемая их потерей. Развитие некоторых из этих заболеваний

сопровождается аккумуляцией ненормальных, патологических белковых агрегатов¹ или другого биологического материала внутри нейронов, либо в межклеточном пространстве. В норме склонные к агрегации молекулы не обладают патогенными свойствами, а выполняют в клетке множество функций. Такие белковые агрегаты образуют бляшки, которые по мере накопления разрушают клетку или препятствуют её нормальному функционированию, как, например, это происходит при болезни Паркинсона или Альцгеймера (рис. 2).

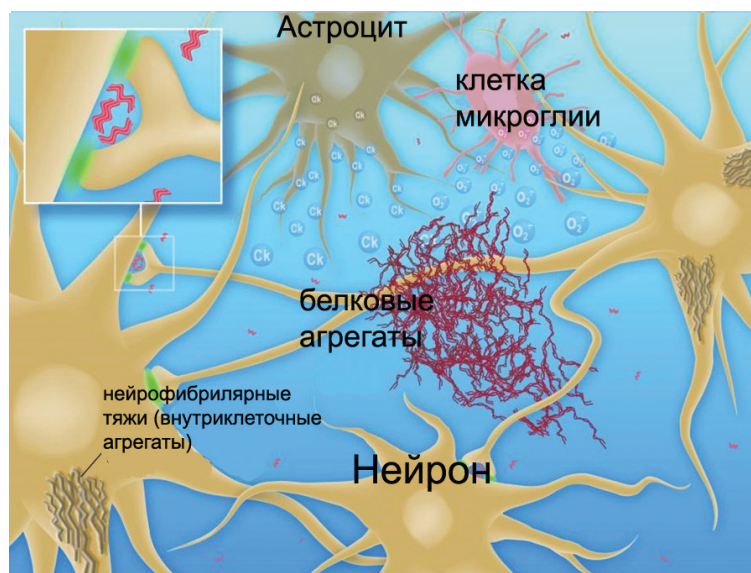


Рис. 2. Патология болезни Альцгеймера. Схематическое представление образования патологических белковых агрегатов β -амилоида во внеклеточном пространстве между нейронами и нейрофибрилярными тяжами микротубулин-связывающего белка ТАУ внутри клеток, что ведёт к потере функции и разрушению клеток в коре головного мозга, гиппокампе² и миндалевидном теле³ (источник www.biostudio.com)

¹Скопления патологических нерастворимых форм белка, образующихся в результате генетических мутаций, в кодирующих данные молекулы генах.

²Гиппокамп – часть лимбической системы головного мозга. Участвует в механизмах формирования эмоций, является хранилищем кратковременной памяти, а также её консолидации (то есть перехода кратковременной памяти в долговременную).

³Миндалевидное тело – область мозга, имеющая форму миндалина, расположенной внутри височной доли головного мозга. Миндалины играют ключевую роль в формировании эмоций, является частью лимбической системы.



Модели – какие они?

Дело за малым: создать генетическую конструкцию, содержащую ген с мутациями, приводящими к образованию патологических струк-

тур в нейронах или других клетках нервной системы, и внедрить её в потенциальный модельный организм.

Бактериальные модельные системы

Относительно простой геном и доступность методов сделали из бактерий прекрасных подопытных практически во всех лабораториях мира. Конечно, бактерии очень далеки от человека, но их использование оказалось полезным в изучении некоторых аспектов нейродегенератив-

ных процессов. В бактериальной системе *Escherichia coli* был получен прионогенный белок¹. Такая бактериальная модельная система позволяет изучать спонтанные конверсии прионного белка в патогенную форму, что очень важно для понимания природы прионных болезней.

Животные трансгенные модельные системы

Несмотря на некоторые успехи в бактериальных и даже растительных системах, исследования в области моделирования нейродегенеративных процессов проводятся, в первую очередь, на животных. Только с использованием различных видов животных можно воспроизвести фенотип, схожий с таковым у больных людей, и только на животных возможно адекватное тестирование потенциальных препаратов этиотропной² терапии.

Среди животных моделей есть беспозвоночные и позвоночные. В качестве моделей беспозвоночных животных широко используются нематоды (*Caenorhabditis elegans*) и плодовые мушки (*Drosophila melanogaster*). Они удобны по ряду причин. Геномы этих животных изучены полностью, и не составляет труда выяснить, какой ген может участвовать в развитии той или иной патологии, генетические манипуля-

ции с ними достаточно просты, они высокопродуктивны и требуют малых затрат на содержание. Главным недостатком таких организмов является отсутствие миелинизации и некоторых иммунных функций, которые являются критическими компонентами многих патологических процессов позвоночных. А разница в анатомии препятствует прямому моделированию некоторых патологических процессов в моделях беспозвоночных. В качестве модельного организма среди низших позвоночных очень популярна рыбка Данио (*Danio rerio*). Несмотря на то, что эта аквариумная рыбка эволюционно далека от млекопитающих, использование её более предпочтительно, нежели беспозвоночных модельных организмов. Она легка в содержании и разведении. Самка способна откладывать от 200 до 500 икринок каждые 10 дней, а половая зрелость у Данио наступает уже через три месяца

¹Прионы (от англ. proteinaceous infectious particles – белковые заразные частицы) – особый класс инфекционных агентов, состоящих только из белка, не содержащих нуклеиновых кислот, вызывающих тяжёлые заболевания ЦНС у человека и ряда высших животных (коровье бешенство). Источник www.wikipedia.org.

²Лечение, направленное на устранение причин заболевания.



после появления на свет малька. Несмотря на огромные различия между Данио и человеком, их общая организация имеет множество схожих черт. У Данио, как и у человека, есть передний, средний и задний мозг, включая промежуточный мозг и мозжечок, более того, периферическая нервная система представлена чувствительными и двигательными нейронами. Всё это делает Данио от-

личным модельным организмом для изучения нейродегенеративных процессов. На основе данного организма была создана генетическая модель бокового амиотрофического склероза¹.

Однако для получения новых сведений о механизме развития и прогрессии заболевания у человека в функциональном плане в качестве модельных организмов необходимо применение более сложных организмов.

Мыши, крысы и другие млекопитающие

Для моделирования НДЗ у млекопитающих подходят практически любые животные, если они хорошо изучены (физиология, генетика и т. д.), неприхотливы к условиям содержания, имеют короткое время воспроизводства и доступны для исследователя. Трансгенные модели НДЗ были созданы на основе крыс, кроликов, но по праву чемпионом среди подопытных животных является мышь (*Mus musculus*).



Маленький грызун, вызывающий приступы панического страха у не-

которых представительниц женского пола, является на сегодняшний день самой распространённой системой для моделирования нейродегенеративных заболеваний человека. Эволюционно близкие к нам мыши внесли неоценимый вклад в понимание генетики и патологии многих заболеваний человека, в том числе и болезней ЦНС. Из преимуществ данного организма стоит отметить малые затраты на содержание животных, короткое время воспроизводства, возможность полного контроля над ростом и развитием животного и, конечно же, гигантский генетический инструментарий, позволяющий проводить практически любые манипуляции с геномом.

За последние десять лет были созданы трансгенные мыши, моделирующие болезнь Альцгеймера, Паркинсона, хорею Хантингтона², боковой амиотрофический склероз, шизофрению, детские психические расстройства, биполярное аффективное расстройство³, депрессии и генетическую

¹Боковой амиотрофический склероз (БАС) – медленно прогрессирующее и неизлечимое заболевание ЦНС, поражающее двигательные нейроны, что приводит к параличу и атрофии мышц.

²Хорея Хантингтона – одно из самых тяжёлых прогрессирующих генетических заболеваний ЦНС, характеризуется произвольными, быстрыми, нерегулируемыми движениями, возникающими в различных мышечных группах, а также расстройством поведения.

³Биполярное аффективное расстройство – психическое заболевание, которое проявляется в виде маниакальных и депрессивных состояний, а иногда и смешанных состояний, при которых у больного наблюдаются быстрая смена симптомов мании и депрессии.



предрасположенность к наркомании. Эти модели используются для поиска новых лекарственных препаратов,

способных не только лечить симптомы НДЗ, но и предотвращать их развитие на самых ранних стадиях.

Заключение

«В конце пятидесятых годов было установлено, что в мозгу больного паркинсонизмом не хватает нейромедиатора допамина, и поэтому состояние больного можно привести в «норму», если повысить уровень допамина в головном мозге. Однако попытки лечения, при которых больные принимали леводопу (предшественник допамина) в миллиграммовых количествах, постоянно оказывались неудачными. Так продолжалось до тех пор, пока доктор Джордж Корциас, проявив недюжинную смелость, не дал группе больных леводопу в дозах, в тысячи раз превышавших те, что назначали ранее. Публикация результатов Корциаса в феврале 1967 года произвела эффект разорвавшейся бомбы – перспективы больных паркинсонизмом изменились в одно мгновение: внезапно появилась невероятная надежда, что больные, которых до сих пор ожидал мрачный и жалкий жребий нарастающей инвалидности, могут испытать значительное улучшение состояния (если не полное излечение) на фоне приёма нового

лекарства. Жизнь снова засияла перед ними всеми своими красками, как нам представлялось, изменилась перспектива для всех людей, страдающих паркинсонизмом. Впервые за сорок лет у них появилось будущее».¹

Многообразие доступных моделей обусловило сегодняшний прогресс в изучении основ нейродегенеративных процессов. Модельные организмы позволили науке открыть ранее неизвестные механизмы начала и прогрессии заболеваний ЦНС, а также – разработать новые терапевтические подходы к их лечению. Несмотря на огромное количество методов и препаратов, остаётся множество белых пятен, не позволяющих полноценно лечить пациентов, страдающих НДЗ. Но сегодня есть надежда, что понимание основ патологий ЦНС приведёт нас к радикально новому, революционному открытию методов лечения, что, как и в 1967 году, подарит людям, страдающим паркинсонизмом, веру в будущее, подарит надежду всем больным нейродегенеративными заболеваниями.

¹Отрывок из пролога к книге американского невролога Оливера Сакса «Пробуждение».

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Правило испытания

Если от нового вещества вы ожидаете эффекта «эликсира молодости», это не значит, что подопытные кролики разделяют ваше мнение.

Контрправило

1. В защиту своей теории всегда можно провести достаточное количество экспериментов.
2. И вообще, кто их спрашивает, этих кроликов!



Профильное образование

Загорский Вячеслав Викторович

*Кандидат химических наук,
доктор педагогических наук,
профессор Специализированного
учебно-научного центра МГУ.*



Морозова Наталья Игоревна

*Закончила химический
факультет МГУ, кандидат
химических наук, доцент
Специального учебно-научного
центра МГУ.*

Петрова Елена Петровна

*Закончила химический факультет МГУ. Имеет дополни-
тельное образование по квалификации «Преподаватель».
Работает на химическом факультете МГУ младшим
научным сотрудником кафедры химической кинетики и
воспитывает очаровательную дочку.*



По одежке встречают... Секреты успешного межличностного взаимодействия

Для школы устный экзамен – вымирающий жанр. Однако некоторые экзамены в 9-м классе всё ещё проходят по традиционной схеме. И, разумеется, кому-то придётся подавать апелляции, а многие планируют общаться с приёмными комиссиями вузов. Во всех этих случаях следует помнить старую поговорку: по одежке встречают (а по уму провожают, но чтобы вас проводили, общение всё же должно состояться, а не закончиться сразу после слова «Здравствуйте»). Выпускникам школы предлагаемый материал пригодится и в студенческие годы: в институтах и университетах устные экзамены процветают.

Собираемся на устный экзамен

Как развлечь себя на экзаменах.

Если вы ничего не знаете, завалите экзамен со вкусом! Провалить экзамен – что может быть смешней! Но надо уметь это делать. Вот несколько подходящих способов:

- ◆ *После получения задания подзовите экзаменатора, укажите на любой вопрос и попроси-*



те ответить на него. Вытяните ответ из экзаменатора любым способом.

♦ *Придумайте достойную причину не отвечать на каждый из поставленных вопросов. Например: «Я отказываюсь отвечать на этот вопрос по соображениям религиозного толка». Фантазируйте.*

♦ *Разберите на составные части всё вокруг вас. Парты, стулья, всё, до чего сможете дотянуться.*

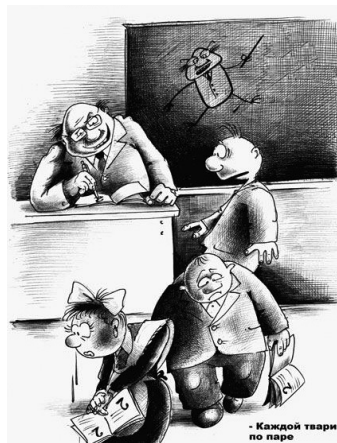
♦ *Принесите с собой какой-нибудь музыкальный инструмент и наигрывайте на нём различные мелодии. Если попросят прекратить, скажите: «Это помогает мне думать».*

♦ *Придите на экзамен в костюме рыцаря. Возьмите с собой меч и щит¹.*

Экзамен считается в первую очередь испытанием интеллекта, но на устном экзамене совершенно справедлива пословица: «По одежке встречают, по уму провожают». Поэтому есть смысл позаботиться о том, чтобы вы не вызвали у экзаменатора эстетического протеста. Проблема в том, что такой протест подсознателен и практически неконтролируем: экзаменатор может искренне считать, что он объективен, но на устном экзамене слишком трудно определить, где кончается объективность и начинается субъективность.

Для экзамена универсально-оптимальной одеждой является классический костюм – деловой пиджак², тёмные однотонные брюки или юбка, можно однотонные джинсы. Яркие «кислотные» цвета и любые оттенки красного действуют раздражающе – не стоит дразнить экзаменаторов.

Юноши обычно не склонны специально «принаряжаться» на экза-



мен и часто, не задумываясь, надевают то, в чём привыкли ходить. Всё же лучше задуматься – особенно если вы привыкли ходить в чём-нибудь вроде футболок с черепами и костями (или, ещё хуже, с матерными надписями по-английски³). Девушкам не следует подчёркивать мини-юбкой и крошечным топиком даже самую прекрасную фигуру.

¹ www.subscribe.ru

² Пиджак к тому же обычно имеет внутренние карманы, полезные для размещения шпаргалок. Только попадаться с таким грузом не стоит, результат неумелого использования шпаргалок – однозначный «неуд».

³ Почему некоторые считают, что это менее неприлично, чем по-русски? Английский в наш просвещённый век знают практически все.



Очевидно, что исходящие от вас «ароматы» сигарет, пива работают не в вашу пользу. Очень мало кому доставляет удовольствие и жвачка во рту собеседника.

Экзаменаторов, особенно молодых, нередко раздражают нетрадиционные для мужчин атрибуты – серьги, кольца, цепочки, длинные волосы. Волосы, конечно, стричь не обязательно, но по крайней мере соберите их в аккуратный хвост. А украшения можно на несколько часов и снять, от этого ваш имидж не сильно пострадает. Особые проблемы может доставить не в меру оригинальный пирсинг и модные татуировки. Не стремитесь их демонстрировать, если «украсили» ими себя.

Кстати, об украшениях – девушки тоже касаются. Изделия из дра-

гоценных металлов и камней, конечно, очень красивы, но вряд ли уместны на экзаменах. Не стоит демонстрировать чрезмерную материальную обеспеченность, если вы не хотите вызвать у экзаменаторов приступ раздражения. Впрочем, если вы сдаёте экзамен не на мехмате МГУ, а в «Международной маркетингово-юридической академии», атрибуты, свидетельствующие о платёжеспособности ваших родителей, могут приветствоваться.

Мобильные телефоны, сигналы которых раздражают окружающих, на большинстве экзаменов сейчас просто запрещены. Поэтому, кстати, запаситесь простым калькулятором – вам не разрешат пользоваться калькулятором, встроенным в мобильник.

Диалог двух умных людей

После экзамена. Студент – друзьям:

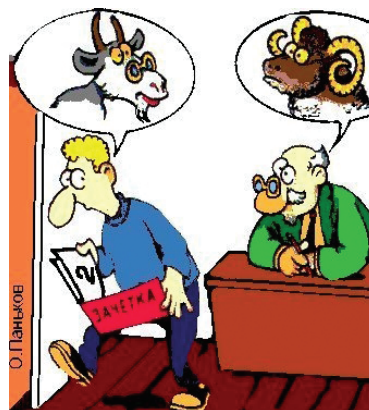
– Ну и козёл наш препод! Я ему билет как орех щёлкнул, а он дополнительными вопросами мучить стал! Он – вопрос, я – ответ. Он – вопрос, я – ответ. Замучил! И всё равно только трояк поставил.

Профессор – преподавателям:

– Ну и дуб мне сегодня достался. По билету – ни в зуб ногой, чушь какую-то несусветную нёс. Тянул-тянул его наводящими вопросами, еле на троечку вытянул...¹

Как правило, принимающие устный экзамен (и тем более проверяющие письменные работы) стараются быть объективными, но подсознание зачастую работает помимо воли, и обиженный экзаменатор заметит все ваши мелкие оговорки, все описки и неточности, на которые в другом случае посмотрел бы сквозь пальцы. А некоторые люди способны обидеться на вполне приемлемые, с вашей точки зрения, слова и жесты.

У разных людей разное чувство юмора. В процессе ответа не пытай-



¹ www.tltinfo.ru/anek/index.php?c=14



тесь блеснуть рискованным остроумием. Используйте только литературные выражения, не стесняйтесь употреблять словесные штампы: банально, зато надёжно.

На устном экзамене вам придётся следить за своей речью. Если язык у вас «подвешен» хорошо, это не составит труда. Если же вы путаетесь в словах, иногда не можете вспомнить слово («на языке вертится»), ловите себя на том, что ваши рассуждения порой заводят вас не туда, куда вы хотели бы обратить внимание собеседника, подготовьтесь получше. Большую часть своего «выступления» запишите на выданном вам листе бумаги (желательно не дословно, а конспективно). Выпишите все необходимые термины и не стесняйтесь время от времени заглядывать в этот лист (но не смотрите в текст неотрывно, это создаёт впечатление, что вы «сдули» готовый ответ со шпаргалки, а сами ничего не помните).

Если преподаватель задаёт вам

вопрос, ответ на который вы не в состоянии сразу выпалить, не краснейте и не бормочите невразумительно себе под нос, но и ни в коем случае не молчите. Вы имеете право чего-то не расслышать или не понять – вежливо переспросите, попытайтесь переформулировать, сделать заданный вопрос понятней и конкретней: «Вы хотите, чтобы я... то-то и то-то?», «Вы имеете в виду, что..?». В отличие от письменного экзамена, на устном это возможно. Если нужно потянуть время, чтобы вспомнить забытый термин или грамотно сформулировать ответ, покашляйте, в крайнем случае произнесите ничего не значащий длинный вводный оборот типа: «Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо обратиться к теории» (варианты: к эксперименту, к вычислениям), «Насколько мне стало известно из книг и пособий, которые я изучал(а) при подготовке к экзамену...» и т. п. Конечно, не очень красиво, но вы же не популярную лекцию читаете.

Острый на язык профессор химии спрашивает студента на экзамене. Последний отвечает довольно плохо, наконец совсем умолкает.

– Ничего, – говорит профессор, – не конфузьтесь. Можно быть хорошим человеком и не знать химии.

– И наоборот, профессор, – отрезал студент¹.

Ещё раз напомним, что экзаменаторы – живые люди, со свойственными человеку недостатками. Известный канадский биолог и врач, автор теории стрессов (1936) Ганс Селье вспоминал²: «В студенческие годы в моей альма-матер (Пражский университет, 1925 – 1930 гг., кстати, там тогда работали многие эмигранты из России) студенты говаривали не без некоторого злорадства, что в целом преподаватели

могут быть разделены на три категории в зависимости от вопросов, которые они задают на экзаменах:

1) “самолюбователи”: задающие вопросы, чтобы показать, какие они умные;

2) “злыдни”: стремящиеся показать, какие студенты тупые;

3) “добряки”: стремящиеся показать, какие студенты умные.

И только очень немногие препода-

¹ mmonline.ru 07.03.2002

² Селье Г. От мечты к открытию: Как стать учёным: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1987. – 368 с., с.53.



даватели экзаменуют просто с целью выяснить знания студентов». Ту же самую классификацию можно применить и к преподавателям, экзаменующим школьников.

Довольно банальные, но часто работающие на устном экзамене советы (Осторожно! Если преподаватель читал книгу Карнеги¹, эффект может быть обратным).

Шесть правил, соблюдение которых позволяет понравиться людям:

Правило 1. Искренне интересуйтесь другими людьми.

Правило 2. Улыбайтесь.

Правило 3. Помните, что имя че-

ловека – это самый сладостный и самый важный для него звук на любом языке.

Правило 4. Будьте хорошим слушателем. Поощряйте других говорить о самих себе.

Правило 5. Говорите о том, что интересует вашего собеседника.

Правило 6. Внушайте вашему собеседнику сознание его значительности и делайте это искренне.

Впрочем, за 2500 лет до Карнеги китайский философ Конфуций учил²: «Не печалься, что люди не знают тебя, но печалься, что ты не знаешь людей».

Искусство общения

Студент преподавателю:

– Видеть вас одно удовольствие, не видеть – другое...³

Вам предстоит попробовать себя и в других околоэкзаменационных жанрах: апелляции, общение с приёмной комиссией вуза... Даже если вы – уверенный в себе победитель всяческих олимпиад, не следует смотреть на людей, к которым вы пришли, сверху вниз. Вы только поступаете в вуз, где уже работают и преподаватели-экзаменаторы, и сотрудники приёмной комиссии – поэтому вам первому и проявлять уважение. Высокомерное поведение запросто приведёт к тому, что в вузе поползут разговоры: «А зачем нам брать ребят из такой-то школы? Они там все хамы, нам такие студенты не нужны».

Апелляция не должна стать для вас поводом выплёскивать своё возмущение (может быть, справедливое, но часто неоправданное) на людей, которые, скорее всего, видят вашу работу в первый раз (в случае

устного экзамена – рядом не стояли, когда вас опрашивал кто-то другой). Спокойно и вежливо попросите, чтобы вам объяснили ваши ошибки (а не доказывайте с пеной у рта, что ошибок не было) и указали, за какие из них сколько баллов снято. Если при этом обнаруживается огрех экзаменатора, то он, скорее всего, будет исправлен даже без вашей специальной просьбы.

На апелляции по непрофильному экзамену (например, ЕГЭ по русскому языку) ни в коем случае не говорите: мол, я люблю химию и хочу быть химиком, а не каким-то там филологом, а из-за того, что вы мне баллы сняли за какие-то там запятые, я не поступлю в МГУ. Помните, что любая тройка легко может стать двойкой: найти дополнительную ошибку вроде недостаточного раскрытия темы труда не составит, и вы не только в МГУ, но и

¹ Дейл Карнеги. Как завоёвывать друзей и оказывать влияние на людей.

² Луньюй 1, 16.

³ www.aaleks13.narod.ru/enter.html



вообще никуда не поступите. Кстати, в письменных работах или устных ответах по химии тоже в случае надобности всегда найдётся, к чему придаться. Наименее опасен в этом плане письменный экзамен по математике – всё-таки точная наука.

В чём причина психологических ошибок слишком умных школьников (и студентов)? В раннем возрасте трудно поставить себя на место окружающих – психологи называют это детским (подростковым, юношеским) эгоцентризмом (не путать с эгоизмом!). Высокий интеллект только усугубляет проблему – способности человека для него самого нормальны, и он не понимает, почему ровесники и даже старшие делают что-то медленнее и хуже, чем он. С возрастом это явление может усиливаться. Основные его проявления,

раздражающие окружающих:

- стремление прервать собеседника благодаря очень быстрому «схватыванию» его недосказанной мысли;
- привычка поправлять других, часто связанная с искренним желанием помочь высказаться;
- издевательское высмеивание окружающих как ответ на явную или кажущуюся обиду; развитое у интеллектуально одарённых чувство юмора превращается при этом в сарказм – жестокое оружие интеллекта. Вот за это и не любят «ботаников»...

Конечно, большинство ошибок можно исправить. Но профилактика всегда предпочтительнее лечения. Постарайтесь вооружиться предложенными приёмами – и с улыбкой на экзамен!

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Приходит как-то в приёмную комиссию пищевого института абитуриент, и вот предстоит ему собеседование. Сидит эта комиссия, скучает, а тут абитуриент какой-то странный, с коробкой из-под ботинок под мышкой.

– Присаживайтесь, – говорят ему, – расскажите нам о себе. Что вас привело в наш институт? Вы, наверно, с детства хотели быть поваром или, может, кондитером?

– Да нет, – отвечает абитуриент, – я в детстве всё больше русскими народными сказками интересовался...

– Ну и...

– Ну вот, поступил на филологический...

– А что дальше?

– Ну вот, проучился год и ушёл оттуда. Меня биология заинтересовала.

– Понятно, а мы тут при чём?

– Так я и поступил на биофак. Вот там ещё год проучился и ушёл.

– Да вы, оказывается, летун, молодой человек!

– Да нет, вы не думайте, я всё усвоил!

– Ну хорошо, а что же всё-таки вас к нам-то привело?!

– Вы понимаете... Нет, вы только поймите меня правильно... – говорит он, достаёт из-под мышки коробку и высыпает её содержимое на стол. По столу разбегается во все стороны дюжина крохотных избушек на курьих ножках.

– Вот... Понимаете, они *третий день ничего не едят!*



Олимпиады



Чуб Владимир Викторович

Доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

«Покори Воробьёвы горы»: сезон задач о гормонах растений

В те годы, когда Интернет только-только «добирался» до российской глубинки, возникла идея поддержать ребят, которые хотят поступить в МГУ, но не могут приехать на вступительные экзамены. Именно к этой цели стремится традиционная олимпиада МГУ «Покори Воробьёвы горы», которую сегодня проводят многие факультеты. С ноября по январь вы можете прислать решение задач заочного тура. В случае хорошего результата вы получите приглашение на очный тур, который проходит на нескольких региональных площадках. Одно из обязательных правил – на каждой площадке должны «разыгрываться» разные задачи, но по уровню сложности они должны быть примерно одинаковыми. 25 марта 2013 г. закончился очный тур олимпиады «Покори Воробьёвы горы» по биологии. Мы подробно разберём только одну из задач. А ещё пару аналогичных задач вы сможете сочинить и решить сами.

Генетика и физиология растений вместе

Самым сложным заданием, за которое дают наибольшее количество баллов, была задача по генетике. Как правило, задача должна быть связана с другими разделами биологии. В этом году «фоном» для генетических задач служили гормоны растений: ауксины, цитокинины, гиббереллины, этилен, АБК и другие. О гормонах растений мы неоднократно писали (см. «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» №№ 6, 7, 8, 9 за 2011 г. и №№ 6, 7, 8, 9, 2012 г.).

В обычных задачах по генетике указывают, какой аллель является доминантным, а какой – рецессив-

ным, и как взаимодействуют разные гены между собой. В условиях предлагаемых задач вы ничего этого не найдёте: взаимодействие генов и аллелей нужно самостоятельно вывести из схемы, условно отражающей воздействие гормона на клетку. Так что для решения пригодится умение «читать схемы». Кроме того, – необходим некоторый багаж знаний эрудиция в обсуждаемом вопросе.

Для начала рассмотрим, какие новые молекулы могут появиться в клетке после действия гормона. Схема строения растительной клетки показана на рис. 1.

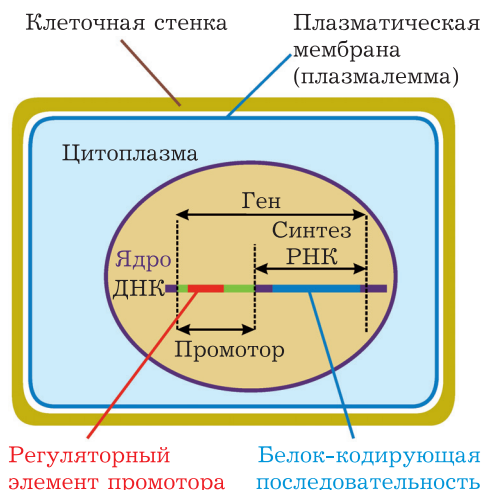


Рис. 1. Упрощённая схема взаимного расположения различных частей гена

В ядре содержится наследственная информация, записанная на ДНК. Участки ДНК не одинаковы по своей «информационной ценности». В составе ДНК можно выделить функциональные участки – гены. Чтобы ген активировался (началось считывание РНК), необходим промотор. С промоторным участком гена взаимодействуют белки – факторы транскрипции. В состав промотора часто входят регуляторные элементы – последовательности ДНК, которые взаимодействуют только с определёнными («своими») факторами транскрипции. Например, гены, которые активируются после воздействия абсцизовой кислотой, часто содержат регуляторный элемент, который называют ABRE – Abscisic acid Response Element, т. е. «элемент ответа на абсцизовую кислоту». GARE (Gibberellic Acid Response Element) встречается в промоторах генов, регулируемых гиббереллинами. При ответе на этилен активируются гены, содержащие ERE (Ethylene Response Element) и т. д. (Стоит отметить, что далеко не всегда регуляторные элементы назы-

вают и сокращают настолько понятно – чаще трудно даже предположить, как исторически сложилось название регуляторного элемента.)

Если один и тот же ген должен активироваться и в ответ на этилен, и в ответ на абсцизовую кислоту, у него в промоторе, скорее всего, обнаружатся два регуляторных элемента, например, ERE и ABRE. Обычно каждый ген снабжён несколькими регуляторными элементами.

Итак, с каждым регуляторным элементом связывается фактор транскрипции. Но почему же при этом не включаются все гены? Дело в том, что в некоторых случаях факторы транскрипции взаимодействуют с белками-репрессорами. Пока белок-репрессор не разрушится, фактор транскрипции не может активировать синтез РНК, ген не активен (рис. 2).

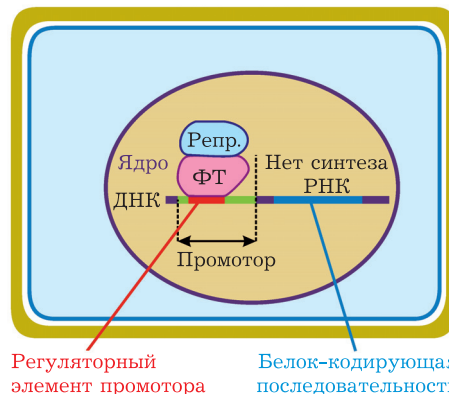


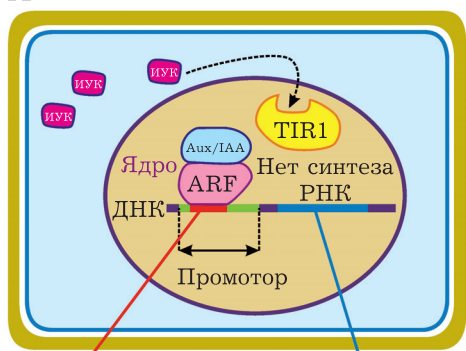
Рис. 2. Взаимодействие белков с ДНК в промоторной области гена. ФТ – белок-фактор транскрипции; репр. – белок-репрессор

Чтобы «удалить» белок-репрессор, необходимо подействовать на клетку гормоном. Один из самых коротких путей передачи сигнала показан для ауксинов (рис. 3). В данном случае фактор транскрипции – это белок ARF (Auxin Response Factor – светло-розовый). В роли репрессора выступает белок



Аукс/IAA (голубой). Рецептор находится внутри ядра. Это белок TIR 1 (жёлтый). Ауксин – низкомолекулярное вещество, например, индолилуксусная кислота (ИУК, показана на рис. 3 ярко-розовым).

А



Регуляторный элемент промотора

Белок-кодирующая последовательность

Б

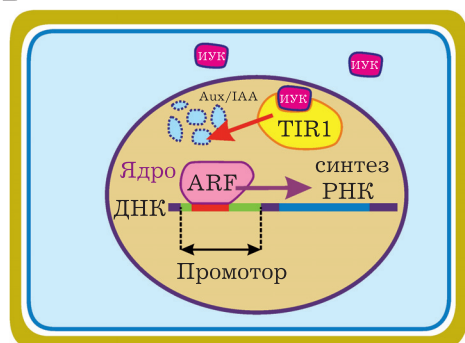


Рис. 3. Активация экспрессии генов ауксином. А – до взаимодействия молекул ауксина с рецепторным белком репрессор мешает активировать гены. Б – после взаимодействия ауксина с рецептором происходит разрушение белка-репрессора, и гены становятся активными. ИУК – индолилуксусная кислота, ауксин; TIR 1 – рецепторный белок; Аук/IAA – белок-репрессор; ARF – транскрипционный фактор ответа на ауксин

Пока ауксин (ИУК) не действует на рецептор TIR 1, белок-репрессор Аук/IAA мешает активировать гены. Синтеза РНК не происходит. После связывания ИУК с TIR 1 происходит разрушение белка-репрессора Аук/IAA. Фактор транскрипции ARF активируется, и ген начинает работать. Синтезируется информационная РНК, а затем – новый белок. Начинается ответ на ауксин.

Понятно, что каждый белок кодируется своим геном. Чтобы отличать белок и ген, учёные договорились ген обозначать курсивными буквами. Так, TIR 1 обозначает белок, а *TIR 1* – соответствующий ген.

Один из ответов на ауксин – это растяжение клеток. Если ответ на ауксин нарушен, то клетки плохо растягиваются, вырастают до меньших размеров, что приводит к карликовости. После этих предварительных замечаний мы можем приступить к решению одной из задач очного тура олимпиады «Покори Воробьёвы горы-2013».

Задача. Ауксин – один из гормонов растений. Пока на клетку не действует ауксин, ответ не развивается, в частности, потому, что в ядрах клеток присутствует белок-репрессор. Репрессор связывается с белком-фактором ответа. Физиологический ответ не возникает (рис. 3, А). Ауксин, попав в ядро, может связываться со своим рецептором (рис. 3, Б). Образование комплекса ауксина с рецептором приводит к разрушению белка-репрессора. В результате белок-фактор ответа запускает физиологический ответ на ауксин. Под действием ауксина клетки и органы растут в длину, образуются новые боковые корни.

Обозначим ген биосинтеза ауксина *A*, ген белка-рецептора – *R* и ген белка-репрессора – *S*. Гены наследуются независимо. Получены различные карликовые мутанты без



боковых корней. У растений *aa* нарушен синтез ауксина, у мутантов *rr* не образуется нормального рецептора, у мутантов *S*S** белок-репрессор не может разрушаться¹.

Предскажите, каким будет соотношение карликовых и нормальных растений в первом и втором поколениях при скрещивании:

1. *aa RR SS* × *AA rr SS*,
2. *aa RR SS* × *AA RR S*S**.

Изменится ли соотношение потомков во втором поколении, если регулярно обрабатывать растения искусственным ауксином?

Решение. Для начала давайте разберёмся, как будут взаимодействовать между собой аллели генов, представленных в задаче.

Есть два принципиально отличающихся типа мутаций. Наиболее известны мутации с потерей функции (loss of function). Они отмечены в тексте словами «нарушен биосинтез» или «не образуется нормального (т. е. функционирующего) белка». Нетрудно догадаться, что к мутациям с потерей функции относятся *a* и *r* в задаче.

Как вы знаете, в клетке находятся два набора хромосом (один от отцовского родителя и один от материнского). Если хотя бы в одной из хромосом находится нормальный (функциональный) аллель гена, то функция восстанавливается. Это означает, что правильно функционирующий аллель доминирует над мутантным с потерей функции. Аллель *A* доминирует над *a*, и аллель *R* доминирует над *r*.

Почему же мутация по гену белка-репрессора обозначена иначе – *S**? Представим себе мутантное расте-

ние, у которого репрессор не может выполнять свою функцию, т. е. не связывается с транскрипционным фактором ARF, не может подавлять активность соответствующих генов. Это означает, что даже без ауксина клетка будет постоянно вести себя так, как будто бы ауксин действует. Будут всё время активны гены ответа. По идее все клетки должны очень сильно расти, и получилось бы гигантское растение. Однако постоянная активность генов ответа на ауксин не позволяет правильно «отрегулировать» не только рост, но и многие другие процессы: деление клеток, образование проводящей системы, рост боковых корней и пазушных побегов и т. д. (статью об ауксинах см. «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» № 7, 2011). В результате многие мутации по генам белков-репрессоров с потерей функции оказываются нежизнеспособными: они погибают на ранних этапах развития зародыша.

Поэтому в задаче дан другой тип мутантов – с изменением функции (gain of function). В случае мутации *S** белок-репрессор не разрушается комплексом TIR 1 + ауксин. Мутант *S*S** действительно окажется карликом, потому что ответ на ауксин у него постоянно заблокирован. То есть внешне он будет неотличим от остальных мутантов, у которых либо нет рецептора, либо не происходит нормального синтеза ауксина.

Однако в гетерозиготе поведение аллеля *S** заметно отличается. Если хотя бы от одного из родителей достался аллель *S**, то в клетке всё время присутствует репрессор отве-

¹Примечание. Конечно, правильнее было бы обозначить ген белка-рецептора не буквой *R*, а *TIR 1*, соответствующую мутацию – как *tir 1*, и так для всех генов. Но одну букву написать быстрее, чем 4 символа. А задачу нужно решить «на время». Так что сокращение введено для «ускорения» решения задачи в аудитории.



та, который невозможно разрушить при действии ауксина. Ответ не будет развиваться, и гетерозигота S^*S окажется карликом. В данном случае мутация с изменённой функцией доминирует над аллелем дикого типа.

Может показаться, что в любом случае мутация с изменённой функцией будет доминировать. Однако это не всегда так. Чтобы понять, как взаимодействуют нормальный и мутантный аллели, нужно хорошо представлять себе как функцию исходного белка, так и конкретное изменение, которое произошло.

Теперь мы можем наконец-то приступить к анализу расщепления среди потомков.

Скращивание № 1.

$aa RR SS \times AA rr SS$

В первом поколении будет единомыслие $Aa Rr Ss$.

Поскольку будет присутствовать один нормальный аллель гена биосинтеза (A), то синтез ауксина в принципе будет происходить. Есть также один нормальный аллель гена рецептора (R). Это означает, что клетки будут нормально воспринимать ауксин. Ген белка-репрессора у обоих родителей представлен лишь нормальным аллелем (S), т. е. белок-репрессор «работает» как надо. Можно считать, что ген S в скрещивании как бы не участвует: ведь расщепления по нему не будет. Таким образом, в потомстве будут только нормальные растения, карликов не будет.

Во втором поколении будет расщепление $9 A- R- SS : 3 aa R- SS : 3 A- rr SS : 1 aa rr SS$.

Потомки с генотипом $A- R- SS$ будут нормальными. У потомков с генотипом $aa R- SS$ будет нарушен биосинтез ауксина, они будут карликовыми. У потомков с генотипом $A- rr SS$ будет дефектным рецептор на ауксин, что также по условию приводит к карликовости. Двойные гомозиготы $aa rr SS$ по мутантным аллелям также будут карликовыми. Таким об-

разом, соотношение между карликовыми и нормальными растениями составит **9 нормальных: 7 карликовых**.

Если регулярно обрабатывать растения искусственным ауксином, это позволит компенсировать недостаточный синтез собственного ауксина. Карликовые растения $aa R- SS$ станут нормальными. Однако, если мутация затронула рецептор, то компенсации карликовости не будет. Растения $A- rr SS$ и $aa rr SS$ останутся карликовыми. Общее соотношение изменится: **12 нормальных : 4 карликовым** (или, сокращая, мы получили классическое $3 : 1$!).

Такое объяснение опыта с обработкой ауксином годится лишь в качестве начальной гипотезы. На самом деле для нормальных растений обработка ауксином также безразлична. При некоторых дозах ауксина обычные растения могут вытягиваться. Тогда будет 9 вытянутых растений : 3 нормальных : 4 карликовых. При увеличении дозы ауксина он будет оказывать противоположный эффект. При 100-кратном превышении концентрации ауксин замедляет рост, что приводит к карликовости, остановке роста корней и даже к гибели растений (гербицидный эффект ауксина – см. «Потенциал. Химия. Биология. Медицина», 2011, № 7). На повышающуюся дозу ауксина не будут реагировать растения с мутантным рецептором (rr). Так что увеличивая дозу ауксина, можно добиться гибели 75 % от всех растений, а 25 % будут устойчивы к ауксину. Таким образом, расщепление будет зависеть от того, как проводить обработку ауксином.

Скращивание № 2.

$aa RR SS \times AA RR S^*S^*$

В первом поколении будет единомыслие $Aa RR S^*S$.

Поскольку будет присутствовать один нормальный аллель гена биосинтеза (A), то синтез ауксина в принципе будет происходить. Так как есть один из аллелей S^* , то ре-



прессор ответа не будет полностью разрушаться при действии ауксина, и ответ не будет развиваться. Это приведёт к карликовости всех потомков. Ген **R** представлен только нормальным аллелем, поэтому при расщеплении его можно не учитывать.

Во втором поколении будет расщепление **9 A- RR S*⁻ : 3 aa RR S*⁻ : 3 A- RR SS : 1 aa RR SS**.

Потомки с генотипом **A- RR S*⁻** будут карликовыми (в силу доминирования аллеля **S*⁻**). То же можно сказать о потомках с генотипом **3 aa RR S*⁻**. Растения **A- RR SS** будут нормальными, а растения **aa RR SS** – карликовыми в силу дефекта в биосинтезе ауксина. Таким образом, соотношение во втором поколении будет **13 карликовых : 3 нормальных**.

При обработке искусственным

ауксином фенотип изменится только у растений, дефектных по синтезу этого гормона, но в то же самое время ген репрессора ответа должен быть представлен нормальным аллелем (**S**). Этим условиям удовлетворяет только генотип **aa RR SS**. Общее соотношение изменится: **12 карликовых : 4 нормальных** (или 3 : 1).

Как и в предыдущем случае, расщепление также будет зависеть от нюансов обработки ауксином. Расщепление будет меняться примерно таким же образом. При умеренных дозах ауксинов часть растений (**A- RR SS**) вытянется, и соотношение фенотипов изменится: 3 вытянутых растения : 1 нормальное : 12 карликовых. При увеличении дозы выживут только носители аллеля **S*⁻** (12), а остальные (4) погибнут.

Заключение

Итак, мы с вами познакомились лишь с одним из вариантов передачи сигнала, в котором задействован репрессор ответа. На самом деле существует множество путей передачи сигнала от рецептора к генам или от рецептора к мембранным комплексам, которые и обеспечивают правильную работу гормональной системы. И на каждый из вариантов

можно придумать свою задачу.

Для закрепления материала внимательно рассмотрите рис. 4 и рис. 5. Найдите одинаковые компоненты: гормон, рецептор, белок-репрессор ответа, фактор транскрипции, регуляторный элемент промотора. На основании предложенных схем составьте и решите задачи, аналогичные только что разобранный.

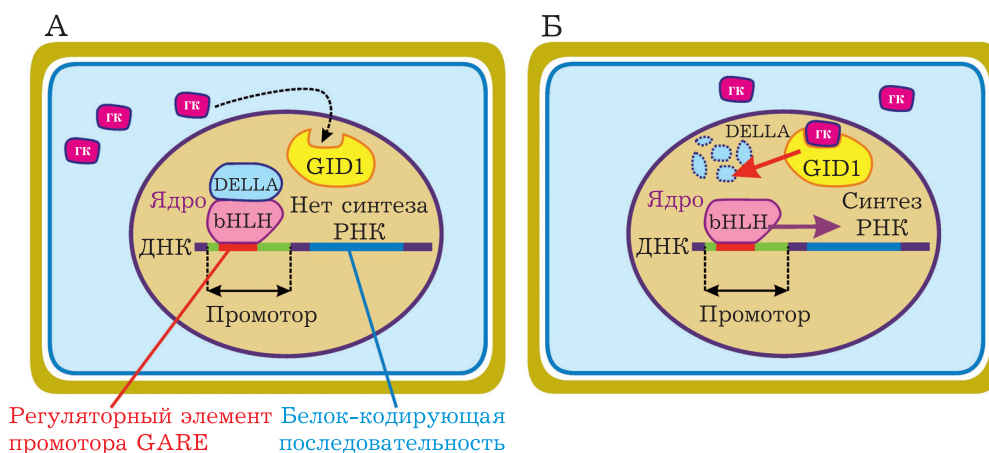


Рис. 4. Схема активации генов гиббереллинами. Физиологический ответ – растяжение клеток. GK – гибберелловая кислота, гиббереллин

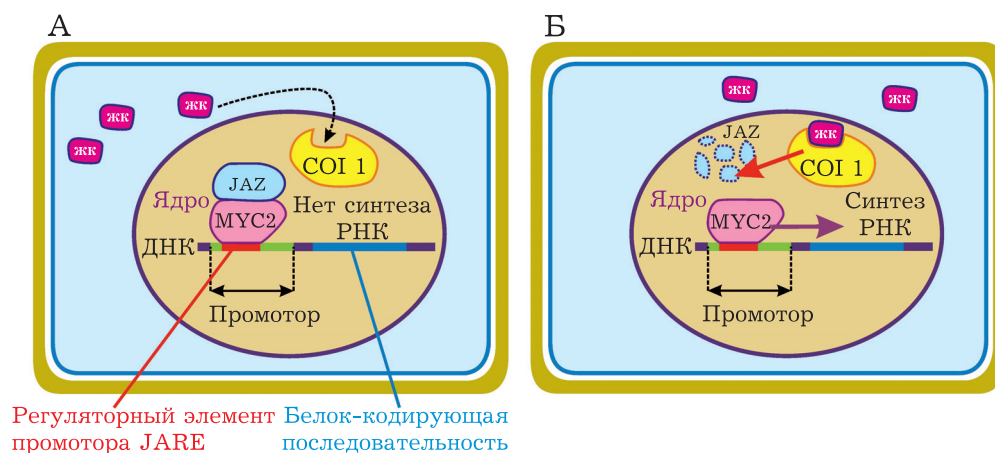
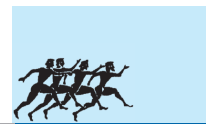


Рис. 5. Схема активации генов жасмонатами. Физиологический ответ – стимуляция иммунитета растения при инфекциях. ЖК – жасмоновая кислота

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Генномодифицированные организмы очень опасны

Если затолкать в дыхательное горло человека генномодифицированный помидор, он, скорее всего, скончается через несколько минут. Кроме того, сок этого помидора, вколотый внутривенно, вызывал у подопытных крыс жёсткую аллергическую реакцию, сопряжённую с сепсисом и неизменной мучительной гибелью несчастных зверюшек.

Кроме того, нельзя забывать о случаях гибели людей на складе генетически модифицированных кабачков, на которых обрушилась полка с ящиками этих самых кабачков. Аналогичный случай, произошедший на складе с естественными продуктами, расфасованными в ящики меньшего размера, привёл лишь к незначительному сотрясению мозга и лёгким переломам конечностей пострадавших.

И экспериментально доказано, что лабораторные мыши, которых на протяжении полугода кормили исключительно генномодифицированным виноградом, по завершении эксперимента не могли видеть не только генномодифицированный виноград, но и любой другой вообще.



**Загорский Вячеслав Викторович**

*Кандидат химических наук, доктор педагогических наук,
профессор СУНЦ МГУ имени М.В. Ломоносова.*

Задачи LXIX Московской городской олимпиады школьников по химии для 9 класса

В этом году разбор заданий, предлагавшихся на Московской городской (открытой) олимпиаде, мы начинаем с 9 класса. 9 класс для «химика» особенный. Идёт уже второй год изучения химии (по большинству программ средней школы), накапливается достаточно знаний, а впереди для некоторых маячит ГИА по химии. Самое время проверить, насколько владеет школьник полученными знаниями, может ли применить их на практике, оперирует ли логикой или просто заучивает, умеет ли систематизировать материал, проводить аналогии, экстраполяции... Олимпиадные задачи непохожи на экзаменационные тесты, их цель – разбудить мысль, заставить школьника думать. И даже классические с виду задачи могут таить в себе подвохи. Постарайтесь решить комплект самостоятельно, прежде чем заглядывать в авторские решения!

Задания

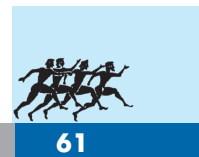
9-1. В качестве противогололёдного реагента рекомендован к применению частично обезвоженный бишофит (минерал на основе кристаллогидрата хлорида магния), содержащий 50 % хлора по массе. Сколько молей воды приходится на один моль хлорида магния в частично обезвоженном бишофите?

9-2. Стехиометрическая смесь двух солей – нитрата натрия и сульфата железа (II) FeS – горит без доступа воздуха. Напишите уравнение реакции, если её продуктами являются азот, оксид железа (III),

сульфит натрия и сернистый газ. Какой объём азота (н. у.) образуется при сгорании 10,0 г данной смеси?

9-3. К 200 г раствора гидроксида натрия с массовой долей 2,0 % приливали 6,3 %-ю азотную кислоту до тех пор, пока не получился раствор с массовой долей нитрата натрия 2 %. Какова масса прилитого раствора азотной кислоты?

9-4. Для определения теплового эффекта реакции нейтрализации в калориметр, содержащий 5 л воды, поместили химический стакан, в котором смешали 245 г 15%-го раство-



ра серной кислоты и 200 г 15 %-го раствора едкого натра. При этом температура воды (объемом 5 л) в калориметре увеличилась на 1,6 °С. Рассчитайте тепловой эффект реакции нейтрализации на 1 моль образующейся воды, если известно, что теплоёмкость воды равна 4 200 Дж/(кг·°С), и что на нагрев воды (объемом 5 л) было потрачено 80 % выделяющейся теплоты.

9-5. В 5 порций воды массой 95 г каждая поместили по 5 г следующих веществ:

- 1) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
- 2) Li_2O ;
- 3) CuSO_4 ;
- 4) P_2O_5 ;
- 5) LiH .

Для каждого из полученных раст-

воров укажите массовую долю (%) растворённого вещества. Приведите, если нужно, уравнения химических реакций.

9-6. Газ **A** может реагировать с газами **B**, **C**, **D**. В случае реакции **A** с газами **B** и **D** образуются вещества, газообразные при комнатной температуре. В случае реакции газа **A** с газом **C** образуется жидкость. Во всех трёх случаях молярная масса продукта больше молярной массы **A** и меньше молярной массы второго реагента. Первая реакция (с **B**) протекает обратимо. Если продукт реакции **A + B** смешать с продуктом реакции **A + D**, образуется твёрдое вещество.

Напишите уравнения всех протекающих реакций, укажите условия их проведения.

Решения

9-1. Формула частично обезвоженного бишофита $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Выразим его молярную массу:

$$M = 24 + 2 \cdot 35,5 + 18x = 95 + 18x.$$

Выразим массовую долю хлора:

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{2M(\text{Cl})}{M} = \frac{2 \cdot 35,5}{95 + 18x} = 0,5,$$

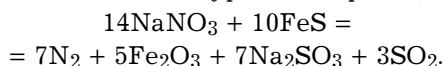
отсюда $x = 2,6$.

Ответ: 2,6 моль воды.

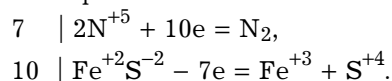


Рис. 1. Минерал бишофит¹

9-2. Составим уравнение реакции:



Пример уравнивания реакции электронным балансом:



Возьмём стехиометрическую смесь: 14 молей нитрата натрия и 10 молей сульфида железа. Её масса составит:

$$m = 14M(\text{NaNO}_3) + 10M(\text{FeS}) = 14 \cdot 85 + 10 \cdot 88 = 2070 \text{ г}.$$

Из такого количества смеси образуется объём азота, равный:

$$V = 7V_m = 7 \cdot 22,4 = 156,8 \text{ л}.$$

Тогда из 10 г исходной смеси получится:

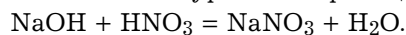
$$V_1 = V \cdot m_1 / m = 156,8 \cdot 10 / 2070 = 0,758 \text{ л азота}.$$

Ответ: 0,758 л.

¹www.vashaibolit.ru/uploads/posts/2012-03/thumbs/1331559744_lechebnyesvoystva-minerala-bishofit.jpg



9-3. Составим уравнение реакции:



По условию в 200 г щёлочи содержится 4 г NaOH. Это составляет 0,1 моль. Согласно уравнению, с ним прореагирует 0,1 моль HNO₃, то есть 6,3 г или 100 г 6,3 %-го раствора.

При их сливании получится 300 г нейтрального раствора, в котором будет 0,1 моль NaNO₃, или $85 \cdot 0,1 = 8,5$ г. Массовая доля нитрата натрия:

$$\omega = 8,5 / 300 = 0,0283 = 2,83 \%$$

Значит, в 2%-м растворе будет избыток либо щёлочи, либо кислоты.

В условии не сказано, что приливание кислоты остановили после достижения массовой доли соли 2 %, поэтому возможны два решения:

1) Для **избытка кислоты** (лишнюю кислоту приливали, чтобы уменьшить концентрацию с 2,83 % до 2 %).

Рассчитаем массу 2 %-го раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{NaNO}_3) / \omega(\text{NaNO}_3) = 8,5 / 0,02 = 425 \text{ г}.$$

Значит, кислоты прилито:

$$m(\text{кисл}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{щёл}) = 425 - 200 = 225 \text{ г}.$$

2) Для **избытка щёлочи** (не долили кислоты до нейтрализации).

Если из 100 г раствора кислоты образуется 8,5 г соли, то из x г раствора – m г соли. Составив и решив пропорцию, получаем:

$$m = (8,5 / 100) \cdot x.$$

Выразим массовую долю 2 % через x :

$$0,02 = \frac{(8,5 / 100) \cdot x}{200 + x}.$$

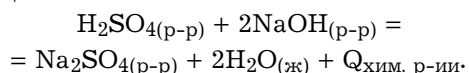
Отсюда $x = 61,54$ г – масса прилитого раствора кислоты.

Ответ: кислоты прилили 225 г либо 61,54 г.

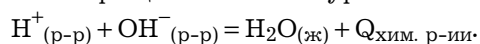


Рис. 2. Калориметр ТА-5 «Тантал»¹

9-4. Составим уравнение реакции:



Сокращённое ионное уравнение:



В калориметре 5 кг воды, на её нагрев ушло количество теплоты:

¹www.fizlabpribor.ru/oil_anl/oil4/fig/image003.jpg



$$Q' = c \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta t^\circ =$$

$$= 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 5 \text{ кг} \cdot 1,6^\circ\text{C} =$$

$$= 33600 \text{ Дж} = 33,6 \text{ кДж}.$$

Вся теплота Q , выделившаяся в ходе процесса с учётом потерь:

$$Q = Q' : 0,8 =$$

$$= 33,6 \text{ кДж} : 0,8 = 42 \text{ кДж}.$$

Рассчитаем массы и количества исходных веществ:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) =$$

$$= m(\text{p-ра H}_2\text{SO}_4) \times \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) =$$

$$= 245 \text{ г} \cdot 0,15 = 36,75 \text{ г};$$

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) : M(\text{H}_2\text{SO}_4) =$$

$$= 36,75 \text{ г} : 98 \text{ г/моль} = 0,375 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{p-ра NaOH}) \cdot \omega(\text{NaOH}) =$$

$$= 200 \text{ г} \cdot 0,15 = 30 \text{ г};$$

$$v(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH}) : M(\text{NaOH}) =$$

$$= 30 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,75 \text{ моль}.$$

Вещества находятся в стехиометрическом соотношении и прореагировали полностью, причём было нейтрализовано 0,75 моль H^+ . Если при этом выделилось 42 кДж, то на 1 моль H^+ выделится:

$$Q_{\text{хим. р-ии}} =$$

$$(1 \text{ моль} \cdot 42 \text{ кДж}) : 0,75 \text{ моль} =$$

$$= 56 \text{ кДж}.$$

Ответ: 56 кДж.

9-5. Составим уравнения реакций там, где они протекают, и рассчитаем массовые доли веществ.

1) Реакции нет. При расчёте следует учесть, что на каждый моль кристаллогидрата приходится 1 моль FeSO_4 (152 г из 278 г), а остальное – вода.

$$\omega(\text{FeSO}_4) = \frac{5 \cdot (152 / 278)}{95 + 5} \cdot 100 \% =$$

$$= 2,73 \%.$$

2) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH}.$

Из 1 моля оксида лития ($M = 30 \text{ г/моль}$) получится 2 моля гидроксида ($M = 24 \text{ г/моль}$).

$$\omega(\text{LiOH}) = \frac{5 \cdot (2 \cdot 24 / 30)}{95 + 5} \cdot 100 \% =$$

$$= 8 \%.$$

3) Реакции нет.

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{5}{95 + 5} \cdot 100 \% = 5 \%.$$

4) $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4.$

Из 1 моля P_2O_5 ($M = 142 \text{ г/моль}$) получится 2 моля фосфорной кислоты ($M = 98 \text{ г/моль}$).

$$\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{5 \cdot (2 \cdot 98 / 142)}{95 + 5} \cdot 100 \% =$$

$$= 6,9 \%.$$

5) $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2.$

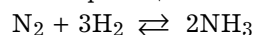
Из 1 моля LiH ($M = 8 \text{ г/моль}$) получится 1 моль гидроксида лития ($M = 24 \text{ г/моль}$) и 1 моль водорода ($M = 2 \text{ г/моль}$). Важно, что масса раствора уменьшается на массу водорода.

$$\omega(\text{LiOH}) = \frac{5 \cdot (24 / 8)}{95 + 5 - 5 \cdot (2 / 8)} \cdot 100 \% =$$

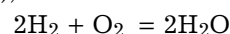
$$= 15,2 \%.$$

9-6. По признакам, описанным в условии, подходят: **A** – H_2 , **B** – N_2 , **C** – O_2 , **D** – Cl_2 .

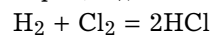
Уравнения реакций:



(при повышенных давлении и температуре);



(при поджигании могут реагировать со взрывом в определённом интервале концентраций);



(при ультрафиолетовом облучении);



(при обычных условиях).

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Экзамен по химии. Студент заваливает экзамен, и уже ясно, что конец. Кто-то из комиссии задал в шутку вопрос: – Скажите, пожалуйста, формулу газированной воды. – А студент со злобой в голосе: – Вам как, с сиропом или без?



Полевая практика



Квартальнов Павел Валерьевич

Кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры зоологии позвоночных биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, педагог дополнительного образования школы «Интеллектуал» г. Москвы.

Возвращение на Кипр

Во всяком случае, плывём мы нашим морем близ берегов Египта, Кипра, Сирии, родных для нас, любимых берегов.

К. Кавафис

Перед вами рассказ об учебной поездке на Кипр преподавателей и учеников из московской школы «Интеллектуал». Какие животные живут на этом острове, какая необычная флора ожидает путешественников? Обо всех интересных местах Кипра вы узнаете из новой статьи серии «Полевая практика».

После нескольких часов перелёта наш самолёт отрывается от берегов Турции, и вот в иллюминаторах среди морских волн появляется узкая полоска суши – северо-восточная оконечность острова Кипр. После военного конфликта 1974 года Кипр поделён на две части – южную, греческую, и северную, турецкую. Летящие с нами греки-киприоты всматриваются в недоступные для них вот уже более тридцати лет кварталы Фамагусты, когда самолёт, огибая остров, ложится на правое крыло. Но вот самолёт выровнялся, и через несколько минут он уже круто садится на аэродроме Ларнаки, среди солёных озёр, будто запоздалая перелётная птица. Тёплый остров снова принимает нашу маленькую группу – преподавателей и учеников из московской школы «Интеллектуал». Третий год мы устраиваем вы-

ездную практику на Кипре во время зимних, февральских, каникул.

Выездные мероприятия в школе «Интеллектуал» разнообразны. Если говорить только о биологических выездах, это летняя учебная практика в Подмосковье, походы на Байкал, на Хибины, на Полярный Урал, поездки на каникулы в Грузию, в Армению, в Теберду... Каждый год в апреле мы выезжаем на Черноморское побережье Кавказа, стоим лагерем близ Туапсе, а также обследуем окрестности Анапы, Геленджика, Сочи, заезжаем и в Абхазию. На учебной практике мы проводим экскурсии, где знакомим школьников с разнообразием горных пород, растений, птиц и других позвоночных животных, обитателей морских и пресных вод.

В Туапсе школьники узнают, что в Чёрном море и на Кавказе имеются многие виды флоры и фауны



Средиземноморья. Однако, несмотря на богатство и своеобразие животных и растений Кавказа, на примере этого региона сложно в полной мере представить природу субтропиков. Настоящих субтропических растений не так уж много, среди животных ещё меньше южных представителей, морская фауна вообще довольно бедная. Поэтому, когда преподаватель истории Павел Андреевич Евдокимов предложил биологам участвовать в зимних поездках на Кипр, мы с радостью согласились, тем более что февраль –

самое благоприятное время для знакомства с островом. Это начало кипрской весны, когда остров покрыт зеленью, когда многие растения находятся в цвету, когда принимаются петь местные птицы, а пернатые мигранты, прибывшие с севера, ещё не покинули гостеприимные зимовки. Знакомство с жизнью зимнего леса можно проводить и на рождественских праздниках, а в выборе места, где можно, не забывая об учёбе, отдохнуть от слякоти и морозов, Кипр – едва ли не лучший вариант.



Рис. 1. Школьники на биологической экскурсии (2013 год)

В поездке участвуют около десяти человек – школьники и преподаватели. Ученики разделены на две группы. Для одних организованы занятия по знакомству с историей и культурой острова, другие познают его природу. Большинство экскурсий происходят раздельно: историки посещают музеи и места раскопок, биологи наблюдают птиц и определяют растения. Однако часть времени мы проводим совместно, и в таких походах становится особенно отчётливой неразрывная связь природы Кипра с его историей и куль-

турой. Кроме того, нас принимают в местных школах – и в русскоязычных, и в греческих. Мы представляем работы, сделанные учениками, показываем, как можно организовать научную деятельность школьников. Учителя читают лекции и проводят семинары, мы рассказываем об олимпиадах, конференциях, выездных школах, о другой активности, в которую вовлечены наши школьники за рамками основного курса обучения. Мы обсуждаем, как можно проводить совместные мероприятия – между учителями и уче-



никами Москвы и Кипра. Далеко не все на Кипре готовы поддерживать наши предложения, однако мы неизменно чувствуем ответный интерес, а также искреннее гостеприимство со стороны наших кипрских друзей. С каждым годом крепнет ощущение, что подходящие пути сотрудничества удаётся найти, но пока активная совместная деятельность ещё остаётся в планах. Поэтому рассказ будет о том, как мы знакомимся с природой и культурой острова.

Наша программа построена так, что каждый день мы совершаем экскурсии в новое место. В таких условиях нет возможности осуществлять тематические экскурсии, какие мы проводим во время практики в Подмоскowie и на Черноморском побережье Кавказа. Вместо отдельных рассказов о высших растениях, о морских обитателях, о птицах, о жизни пресных вод, на Кипре мы стремимся показывать все наиболее интересные объекты на каждой экскурсии, переходя от цветущей мимозы к фламинго, от крабов к агамам и паукам... Ещё одна особенность экскурсий на острове – в том, что и преподаватели, и школьники находятся в сходном положении: многое из того, что мы встречаем на Кипре, мы видим впервые и не всегда можем точно определить. Разобраться позволяют иллюстрированные справочники, которые мы используем на экскурсиях. Кроме того, вечером, по возвращении в гостиницу, или уже в Москве мы определяем растения на фотографиях, а также собранные на берегу раковины моллюсков.

Большую часть времени мы живём в гостинице в Лимассоле. Соответственно, в первую очередь мы знакомимся с природой в окрестностях этого города. Место, выбранное нами для ознакомительной экскурсии в самый первый приезд на остров, было не самым удачным: мы

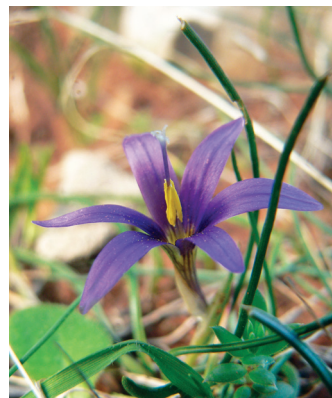


Рис. 2. Ромуля (*Romulea tempekyana*) из семейства касатиковые (*Iridaceae*)

оказались на небольшом пустыре к северу от Лимассола, где раньше располагалась свалка, а теперь организован парк. Однако тот пустырь я запомнил надолго: едва мы сошли с дороги, как увидели крупные цветки белых, алых, сиреневых ветрениц на лужайке под кронами рожковых деревьев. Упоминания о ветреницах можно найти во многих древних мифах, где они выступают символами чистоты и недолговечности. Считалось, что алые ветреницы выросли из крови Адониса. А сладкими стручками рожковых деревьев питался, согласно Евангелию, разорившийся блудный сын, прежде чем решил вернуться под отчий кров. Весь парк и его окрестности мы буквально исползали на коленях, держа определитель растений постоянно открытым. Там же мы познакомились с асфоделями, которые должны цвести на лугах подземного царства, а также с ладанником, чья смола даёт известное ароматическое вещество. Раньше смолу ладанника счёсывали с длинной шерсти коз, прошедших через заросли этого полукустарника. Коз мы тоже встретили: как и тысячи лет назад, они проходили, выедавая на своём пути и траву, и кустики, дотягивались до нижних ветвей деревьев, затем уда-



лились в сторону поля, золотого от цветущей горчицы. Немудрено, что на равнинах острова, где люди издавна выпасали скот, сохранились прежде всего колючие или несъедобные кустарники.



Рис. 3. Мандрагора (*Mandragora officinarum*)



Рис. 4. Малоазиатская квакша (*Hyla saviignyi*)

На другой год мы обследовали окрестности дамбы на реке Герма-сойя, к северо-востоку от Лимассола. Там на водохранилище держались большие бакланы, а среди изысканных цветов под одной из коряг мы обнаружили термитов – общественных насекомых, живущих только в тёплом климате. На речке под дамбой мы нашли убитого, жестоко зарубленного местными жителями, водяного ужа: редкую на острове и совершенно безобидную змею, погибшую из-за нелепого суеверия.

Водоохранилища – одна из примет современного Кипра. Остров, на котором почти полностью сведены леса, много лет страдает от засухи, и люди вынуждены ревностно беречь пресную воду.

Самое любимое мной место близ Лимассола – за его красоту, тишину, а также за то, что до него можно и доехать на автобусе, и дойти пешком от нашей гостиницы, – городище Амафунт на восточной окраине современного города. В IV веке до нашей эры на этом месте располагался город, где, по преданию, провела последние годы жизни Ариадна, оставленная Тезеем. Там, среди оснований древних стен, цветут цикламены, там можно найти розетки грубых листьев и неопрятные цветки таинственной мандрагоры (*Mandragora officinarum*), якобы издающей громкий плач, когда люди выкапывают её корень, там из-под ног взлетают кеклики, а в долине ручья кричат квакши (*Hyla saviignyi*). В последний приезд на Кипр, осмотрев Амафунт, мы пошли на запад вдоль моря, рассчитывая к вечеру добраться до конечной остановки рейсового автобуса и вернуться на нём в город. Мы прошли более 15 километров и поняли, что совершили ошибку. Конечно, нужно было доехать на автобусе до конечной остановки и возвращаться пешком к знакомому Амафунту. Мы же, миновав отели и ухоженные пляжи, оказались в промышленной зоне, а далее, после электростанции, бетонного завода и карьера, вышли на берег с красивыми белыми скалами, но совершенно пустынный, без признаков жилья. Мы догуляли до темноты, остановку так и не нашли, добрались до шоссе и несколько километров возвращались обратно по грязной просёлочной дороге в свете луны, поскольку проход на шоссе был недоступен из-за высокого забора. Вы-



бравшись на асфальт, мы позвонили знакомым, и нас забрали в город на машине. Тем не менее, благодаря нашей ошибке, мы прошли по ночному Кипру, под созвездиями, носящими имена греческих богов и героев, при журчании медведок, в полной мере осознали, насколько Кипр большой остров и насколько на нём сейчас мало людей.



Рис. 5. Петро ту Ромио (место рождения Афродиты)



Рис. 6. Фагония (*Fagonia cretica*)

Наименее населённой частью Кипра, однако, считается его западная оконечность – полуостров Акамас, куда мы ездили на специально заказанном транспорте. По пути к Акамасу из Лимассола находится знаменитое Петро ту Ромио – галечничковый берег, куда, по преданию, вышла Афродита, родившаяся в морской пене. У края воды возвышается одинокая скала, где в нишах гнездятся галки, с востока от неё высокие волны разбиваются о крупные камни, будто бы брошенные в море легендарным героем-силачом, с запада – пена покрывает широкий пляж ровным покрывалом. Склон, обращённый к берегу, зарос низкими густыми кустами, в которых перекликаются славки, а среди цветущих растений можно встретить эндемик острова – одуванчик Афродиты (*Taraxacum aphrogenes*), отличающийся мясистыми курчавыми листьями, пронзительно-синий очный цвет (*Anagallis foetida*), вырезные цветы фагонии (*Fagonia cretica*). К сожалению, у нас не хватает времени пройти по экологической тропе, ведущей от пляжа в глубь острова. Мы едем дальше на запад, мимо неожиданных даже для этих тёплых мест банановых плантаций, где под истрёпанными ветром листьями свисают гроздь плодов, укрытые синими полиэтиленовыми мешками.



Рис. 7. Гидробиологическая экскурсия на Акамасе (2011 год)



В деревушке Криту Терра на Акамасе расположена учебная экологическая станция. В первый год мы заказывали там экскурсию по фауне пресных вод. Вооружившись сачками, школьники под предводительством англоязычного гида ловили мелких ракообразных и других беспозвоночных в мелкой горной речке, под пологом деревьев, обвитых плющом и ежевикой, учились измерять температуру воды и скорость течения, другие параметры, способные повлиять на состав водного «населения». Затем, вернувшись в класс, разбирали пробы. На другой год мы выбрали геоботаническую экскурсию, посвящённую описанию растительности морского берега. Пока школьники размечали площадки и считали куртины крестовника и одуванчиков, преподаватели перекочевали ближе к воде. Оказалось, что там, в заполненных водой углублениях, вырытых волнами в известняке, сидят разнообразные причудливые животные – и мелкие рыбки, и креветки, и моллюски, и морские ежи. К сожалению, знакомство с этим миром осталось за рамками экскурсии. Мы решили исправить это недоразумение. Вернувшись на Кипр, мы пожертвовали возможностью прослушать рассказ на английском языке и попросили водителя автобуса, минуя экологический центр, провезти нас сразу до знакомого берега, чтобы без помех вместе со школьниками насладиться созерцанием жизни в естественных крошечных аквариумах. Мы недооценили, однако, переменчивый нрав моря. Мы оказались на том же берегу в ветреную погоду, во время прилива. Наиболее интересные «ванночки» были безнадежно скрыты под волнами. Пока мы обегали лужицы, расположенные у границы прибоя, все вымокли совершенно, поскольку человека, наклонившего-

ся над такой «ванночкой», неизбежно и неожиданно накрывает волной. Пришлось отступить от моря, перейти к зарослям можжевельника и других кустарников, посвятить экскурсию цветам, птицам и ящерицам, а также распутыванию следов, оставленных разными животными на полосе песка под нависающими скалами.



Рис. 8. Рыба-собачка (сем. *Bleniidae*)



Рис. 9. Морской ёж (*Paracentrotus lividus*)

Если Акамас остаётся непредсказуемым, то другой полуостров Кипра – Акротири, – напротив, оправдывает ожидания и преподносит неожиданные подарки. Акротири расположен на юге острова, близ Лимас-



сола. Полуостров принадлежит Великобритании, там расположен военный аэродром, так что каждое посещение Акротири, помимо знакомства с историческими достопримечательностями и природой, позволяет увидеть в небе боевую технику натовской авиации. Посещение Акротири начинается с Монастыря Святого Николая, так называемого «Монастыря кошек», основанного ещё в IV веке. По легенде, Святая Елена, посетив Кипр, была неприятно удивлена большим количеством ядовитых змей, буквально не дававших людям прохода. По её наказу, на Кипр из Византии стали привозить кошек. Для борьбы со змеями кошек издавна держат и при монастыре на Акротири. Разношёрстная толпа выбегает к посетителям из внутреннего дворика. Несмотря на большое число кошек, в окрестностях монастыря не переводятся и птицы, и рептилии. На античных развалинах, вне монастырской стены, греются крупные агамы-гардуны (*Laudakia stellio*), под камнями прячутся гекконы – турецкие полупалые (*Hemidactylus turcicus*) и кипрские голопалые (*Cyrtopodion kotschy fitzingeri*), в траве бегают ящерицы-змееголовки (*Ophisops elegans schlueteri*) и гологлазы (*Ablepharus budaki*), удалось найти также молодого кипрского желтобрюхого полоза (*Dolichophis cypriensis*). Вообще, пустырь на юге полуострова понравится как зоологам, привыкшим переворачивать камни в поисках редких животных, так и тем, кто хочет впервые изведать прелесть этого занятия. На пустыре лежат несколько старых стогов сена, под которыми, например, живут мухоловки (*Scutigera* sp.) – шустрейшие длинноногие многоножки: покидая укрытия, они успешно ловят летающих насекомых. В одном из стогов я нашёл ушастого ежа, сладко спавшего в своём гнезде.



Рис. 10. Голопалый геккон (*Cyrtopodion kotschy fitzingeri*)

На Акротири расположено крупное солёное озеро, где кормятся фламинго. Однако подойти к ним близко не удаётся. Познакомиться с водоплавающими птицами можно на небольшом прудике с запада от монастыря. В феврале 2013 года там держались утки нескольких видов, в том числе редкие белоглазые нырки (*Aythya nyroca*), малые поганки (*Tachybaptus ruficollis*), лысухи и камышницы. Утки при приближении людей взлетали из-под берега, но тут же снова опускались на воду. Рядом с прудиком расположен сад, где мы лакомились апельсинами, оставшимися после сбора урожая. Если пройти от монастыря на юг вдоль берега озера, попадаешь на песчаный пляж, усеянный раковинами разнообразных моллюсков, каракатиц, скелетами морских ежей. В дюнах у этого пляжа я обнаружил бутылку с запиской. Бумага была разъедена морской водой, уничтожившей почти весь текст, но по оставшимся словам удалось разобрать, что бутылку бросили в волны в 1995 году, за 17 лет до нашего приезда! Из других чудес, говорят, на Акротири можно встретить хамелеонов, но мы их пока не видели.

Из Лимассола можно попасть в горный массив Троодос, занимающий центр острова. Его наибольшая вершина – Олимп – достигает 1952 метров, и зимой там нередко лежит снег. В 2012 году наш автобус вынужден был повернуть обратно, поскольку дороги оказались покрыты льдом.

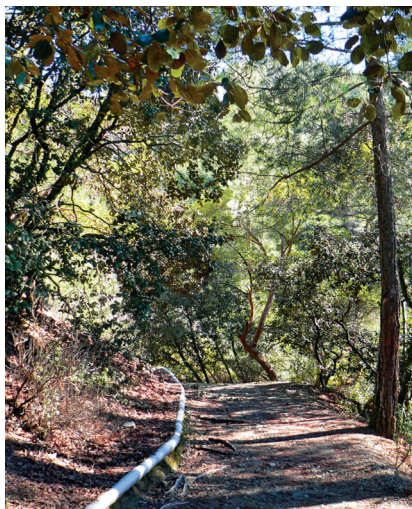


Рис. 11. Экологическая тропа в горах Троодос

В горах находится множество деревушек, монастырей, старых церквей. Стены деревенских улочек на участках, где сквозит вода, покрыты мхом, толстянками, папоротниками, другими скальными растениями. Рядом с церквями на деревьях построены гнездовья для совы-сипухи. Горы покрыты сосняками, частично сохранившимися, но большей частью – восстановленными на месте сведённых. Лес на Кипре вырубали для строительства кораблей и для производства медной руды. По склонам растут стройные калабрийские сосны (*Pinus brutia*), на вершинах – корявые, согнувшиеся под ветром чёрные сосны (*Pinus nigra pallasiana*). Подлесок образуют эндемичный золотой дуб (*Quercus alni-foia*) – высокий вечнозелёный кустарник с тёмными листьями, и земляничное дерево (*Arbutus andrachne*), с ярко-зелёной листвой и гладкими огненно-рыжими стволами. Вдоль тропинок можно увидеть кусты мирта, барбариса, ладанника, литодоры (*Lithodora hispidula*). В горах живёт самое крупное современное животное Кипра – муфлон (*Ovis orientalis ophion*), но нам его пока не довелось повстречать.

Возвращаясь из Лимассола в Ларнаку, мы посещаем места неолитических стоянок, церкви раннего Средневековья, мечеть Хала Султан Текке. Здесь особенно заметно, как природа Кипра и человек взаимно влияли друг на друга. На неолитических стоянках растут оливы и рожковые деревья, чьи плоды люди продолжают использовать в пищу, мечеть украшена экзотическими пальмами, кактусами, мимозами, деревьями розового перца (*Schinus molle*), привезёнными из Африки, Америки и Австралии. Можно встретить и расселившиеся на острове не без помощи людей южноафриканские растения, в том числе цветы «готтентотской фиги» (*Carpobrotus edulis*) из семейства аизовые (Aizoaceae) – схожие с маргаритками, но с листьями как у алоэ, и козью кислицу (*Oxalis pes-caprae*).



Рис. 12. Мечеть Хала Султан Текке



Мечеть Хала Султан Текке находится на берегу солёного озера. Оно глубже, но меньше по площади, чем озеро на Акротири, и потому кормящиеся фламинго не могут скрыться от людей. В бинокли видны и неказистые молодые птицы, грязно-белые, и взрослые, ярко-розовые, видно, как они ухаживают друг за другом, выгибают нелепые угловатые шеи. Фламинго проводят на Кипре зиму, весной они улетят на гнездовья в Турцию, а возможно, и в Казахстан. Меж них плавают пеганки, широконоски и другие утки. Вообще, солёное озеро близ Ларнаки прекрасно подходит для орнитологических экскурсий. По его восточному берегу тянется обустроенная экологическая тропа, идущая меж куртин дерезы (*Lycium ferocissimum*, *L. schweinfurthii*), тамариска (*Tamarix tetragyna*) и других кустарников, под кронами эвкалиптов, порой ныряющая в заросли тростника. Здесь можно рассмотреть ремезов – птиц, высидивающих кладки в гнёздах, похожих на мягкие варешки из растительного пуха или овечьей шерсти, славок-портних (*Cisticola juncidis*) и широкохвостых камышовок (*Cettia cetti*), чьи самцы привлекают по несколько самок на свои участки, ярких сине-зелёных зимородков, куликов нескольких видов. Наблюдая разных славок рода *Sylvia*, вспоминаем, что это одна из групп животных, для которых Средиземноморье является центром разнообразия. В последнюю экскурсию на озеро мы любовались шпорцевыми чибисами (*Vanellus spinosus*) – экзотическими для нас куликами, посещающими Кипр на весеннем пролёте. Обогнув озеро, мы вышли к мечети, где наблюдали диких голу-

бей – вяхирей, пролётных лесных жаворонков и других птиц, спокойно кормившихся в ближайших садах.

Утром перед отлётом можно ещё пару часов побродить по старым кварталам, пробежаться по пляжу. Деревья, высаженные на улицах кипрских городов, заслуживают отдельной экскурсии. Здесь можно встретить баугинию (*Bauhinia variegata*) и фикусы из Юго-Восточной Азии, казуарину, кассию (*Senna artemisioides*), брахихитон (*Brachychiton diversifolius*) из Австралии, теветию (*Thevetia nerifolia*) и табачное дерево (*Nicotiana glauca*) из Америки. Здесь обычны померанцы (*Citrus aurantium*), чьи крупные плоды почти неотличимы от апельсинов и аппетитны на вид, но на вкус горьковато-кислые, хотя и помогают утолить жажду. За некоторыми заборами висят плоды экзотической папайи, к сожалению – недоступные для прохожих. В кипрских магазинах папайю также не найти, зато продаются местные бананы, клубни маниока (*Manihot esculenta*) и корневища таро (*Colocasia esculenta*). Яркими красками бросаются в глаза цветущие кусты бугенвиллии и лантаны, знакомые мне ещё по Вьетнаму. На окраине города, в дворах заброшенных домов или на их стенах, растут акант (*Acanthus mollis*), ферула (*Ferula communis*), белая белена (*Hyoscyamus albus*), зимняя вишня (*Withania somnifera*)...

Аэропорт Ларнаки расположен у берега моря, близ солёного озера. Покидая остров, можно бросить последний взгляд на пальмы и фламинго и загадать желание – непременно вернуться в это сказочное место.



Эксперимент



Морозова Наталья Игоревна

Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ.

Основное занятие – преподавание химии школьникам 10 – 11 классов, методическая работа, научная работа в области радиохимии и органического катализа.

Желе из газировки

Предлагаем вниманию читателя несколько опытов с углекислым газом, которые может провести каждый без специального оборудования, дома или даже на природе. Опыты просты в исполнении, с их помощью можно развлечь как уставших детей, так и заскучавших взрослых. Ну и разумеется, это прекрасное подспорье при изучении темы «Углекислый газ» в школе.

Чтобы получить и исследовать углекислый газ, нам не понадобится ни громоздкий аппарат Киппа, ни конструкции из колб, пробирок и трубочек. Мы используем обычную пластиковую бутылку из-под газировки.

Впрочем, если вы – школьный учитель и ваша цель – продемонстрировать ученикам действие аппарата Киппа (либо его уменьшен-

ного аналога – аппарата Кирюшкина) на примере получения CO_2 , не стоит от этого отказываться. Демонстрация разного приборного оформления одной и той же реакции очень полезна, она побуждает задуматься о планировании любого синтеза, об уместности использования той или иной посуды в зависимости от того, какая цель ставится.

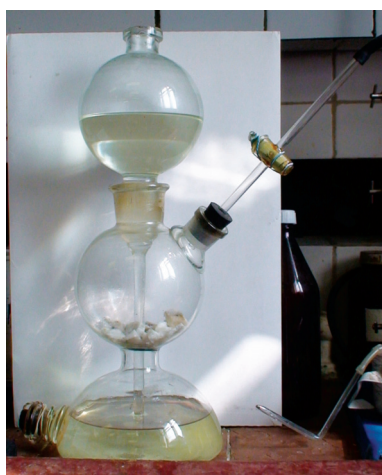


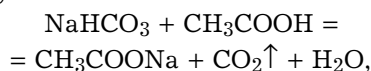
Рис. 1. Слева – наливаем кислоту в аппарат Киппа. Справа – заправленный аппарат Киппа крупным планом. В среднем шаре лежит мрамор



В аппарате Киппа обычно получают углекислый газ по реакции мрамора с соляной кислотой:

$$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O},$$

а мы собираемся использовать бытовые реагенты – пищевую соду и уксус:



но по сути это одно и то же: более сильная кислота (соляная или уксусная) вытесняет из карбоната более слабую угольную кислоту, которая разлагается с выделением углекислого газа.

Итак, перед нами бутылка, в которой когда-то была газировка. Что такое газировка? Это раствор углекислого газа в воде. Не будем горевать, что газировки больше нет, а получим её с помощью химии.

Реакция соды с кислотой известна всем хозяйкам. Чтобы разрыхлить тесто, в него добавляют «погашенную», т. е. политую уксусом соду. Аккуратно насыпаем соду в бутылку (можно воспользоваться для этого воронкой – стеклянной химической, или пластмассовой бытовой, или даже вырезанной из пластиковой бутылки с меньшим горлышком). Сколько соды нам потребуется? Достаточно насыпать небольшую горку, чтобы она закрывала дно.

Докажем, что углекислого газа здесь ещё нет (а то вдруг мы обманули зрителей, заранее наполнив им бутылку?). Для этого вспомним, что углекислый газ не поддерживает горение. Благодаря этому свойству баллоны с углекислым газом, сжиженным под давлением 65 – 70 атм, используют в качестве огнетушителей. Осторожно (чтобы не поджечь и не расплавить бутылку!) внесём внутрь тлеющую лучину. Она не гаснет, а продолжает тлеть, т. к. в бутылке находится воздух.

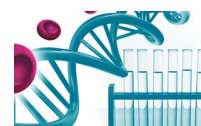
Теперь наливаем кислоту (тоже через воронку), слегка взбалтываем

и через несколько секунд (около 10) прикрываем крышкой (неплотно, не завинчивая). Вместо уксусной кислоты можно взять и соляную – бутылке это не повредит. Вот и газировка! Только пить её почему-то не хочется... Газировка получилась несъедобная, зато очень «пузыристая». Осторожно проверим лучиной, действительно ли углекислый газ заполнил всю бутылку: при внесении в бутылку тлеющая лучина должна погаснуть.

А теперь пришло время для «фокусов». Существует устойчивое выражение «переливать из пустого в порожнее», то есть заниматься ерундой. Но иногда, переливая из пустого в порожнее, мы получаем неожиданный результат! Аккуратно и плавно наклоняя бутылку, «нальём» газ в стаканчик (лучше всего взять высокий стакан). Затем проверим с помощью лучины, есть ли углекислый газ в стаканчике. Как ни странно, есть! Хотя стаканчик кажется пустым и порожним. При надлежащей сноровке можно сделать ещё одно переливание: из большого стакана в маленький.

В чём секрет этого фокуса? Углекислый газ намного тяжелее воздуха (в полтора раза), поэтому он стекает вниз. Близ Неаполя есть так называемая Собачья пещера, куда человек может зайти свободно, а собаки погибают. Это объясняется высокой концентрацией углекислого газа в приземном слое воздуха. Сильное отличие плотности углекислого газа от воздуха приводит к тому, что его можно переливать, как жидкость. Есть и другие газы, с которыми можно было бы проделать подобный фокус: например, гексафторид серы SF_6 , – но это вещество в бытовых условиях не получить.

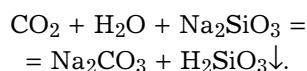
Углекислый газ неслучайно имеет составную часть «кислый». Он проявляет свойства кислоты, неда-



ром газировка кисловата на вкус. Угольная кислота – очень слабая, но существуют и более слабые кислоты – например кремниевая. Её соли – силикаты – очень распространены в природе. Они являются основой многих минералов, а также искусственных материалов, таких как стекло, цемент, керамика. Среди силикатов есть и растворимые: так, «жидкое стекло», или силикатный клей, представляет собой раствор силиката натрия Na_2SiO_3 .

Нальём в небольшой прозрачный стаканчик (стеклянный или пластиковый) немного «жидкого стекла» и пропустим в него углекислый газ. Как это сделать? Если вы используете аппарат Кипша – то просто опустить в стаканчик газоотводную трубку и открыть кран. А если у вас бутылка, то нужно приготовить вторую крышку к ней, аккуратно проделав в крышке отверстие под узкий шланг (или заткнуть бутылку резиновой пробкой подходящего диаметра со сквозной трубочкой, на которую надеть шланг). Шланг не должен быть длинным – только чтобы достать до стаканчика с «жидким стеклом». Хорошо прикручиваем крышку, опускаем шланг в «жидкое стекло» и медленно и плавно надавливаем на бутылку, так чтобы углекислый газ размеренно «булькал» через раствор силиката натрия.

На первый взгляд ничего не происходит. Но на самом деле углекислый газ постепенно реагирует с силикатом натрия, вытесняя из него ещё более слабую кремниевую кислоту:



Пока углекислый газ «бурлит» в стакане, малорастворимая кремниевая кислота не может выпасть в осадок. Когда мы прекращаем пропускание углекислого газа, она тут

же «вспоминает» о своей нерастворимости и «схватывается», образуя полимерную сетку связей по всему объёму раствора. Образуется гель (в быту гель называют желе). Стакан можно даже перевернуть (осторожно, не встряхивая), и из него ничего не выльется (либо, если масса недостаточно пристала к стенкам, вывалится кусок желе).



Рис. 2. Гель кремниевых кислот

Кстати, если бы мы выпили исходный раствор, то кислота в нашем желудке быстро сделала из него такое же желе. Но почему-то делать этого не хочется: ведь то, что образовалось – это полувysохший силикатный клей. Желе, к сожалению, так же несъедобно, как и полученная ранее «газировка».

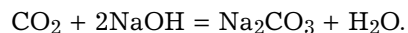
Но главное свойство кислоты – это реакция со щёлочью. Откуда взять щёлочь? Из баночки с надписью «NaOH», а если такой нет – то в хозяйственном магазине. Дешёвые гранулированные или порошковые средства для прочистки водопроводных труб (например «Крот») почти целиком состоят из гидроксида натрия.

Для начала убедимся, что углекислого газа в бутылке достаточно (применяем лучину!). Если бутылка



заполнена не полностью, в неё придёт добавить соды или кислоты и проверить снова. Теперь, пользуясь воронкой, быстро всыплем в бутылку щёлочь, плотно завинтим крышку и встряхнём бутылку. Примерно через одну минуту бутылка начнёт съёживаться и сплющиваться. В чём дело?

Углекислый газ взаимодействует со щёлочью:



При этом, как и положено в реакции между щёлочью и кислотой, образуется соль. А газ расходуется, поглощаясь гидроксидом натрия. Бутылка закрыта, и создающееся разрежение схлопывает её. Именно ради этого мы взяли пластиковую бутылку: если бы она была стеклянной, мы ничего бы не увидели.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Первый закон Чирковой

Главное, что должен уметь химик-органик, – мыть химическую посуду.

Следствие

Основной реактив в органическом синтезе – сода.

Второй закон Чирковой (контрзакон)

Больше грязи – лучше катализ.

Следствие

1. Мытьё посуды – не только бесполезное, но и вредное занятие.
2. И вообще, нашли молодого, за содой бежать!

Модифицированный контрзакон Чирковой

Грязь в колбе – возможность протекания нового каталитического процесса.

Следствие (неутешительное)

Чем грязнее колба, тем больше ненужных реакций в ней протекает.



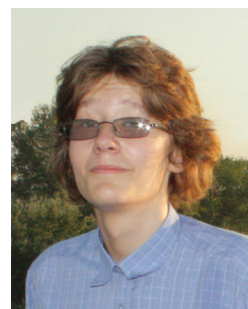


Сквозь время



Дроздов Андрей Анатольевич
 Доцент химического факультета
 Московского государственного
 университета, методист
 Московского института
 открытого образования,
 один из соавторов комплекта
 школьных учебников по химии.

Андреев Максим Николаевич
 Студент химического факультета Московского
 государственного университета, преподаватель
 химии на подготовительных курсах
 химического факультета.



История алюминия. Часть 1. Алюминий в древности

Мы решили рассказать вам об одном металле. Почему же из 118 клеток периодической системы мы выбрали именно эту – под номером тринадцать? Это объясняется тем, что алюминий, а именно он находится в этой клетке, всем хорошо знаком. Изделия из этого металла окружают нас повсюду – дома, в транспорте, на даче. Химию алюминия изучают в средней школе. Поэтому читателю может показаться, что он всё знает об алюминии. Наша задача – разубедить вас в этом. Рассказ, который мы подготовили, оказался подробным и длинным. Поэтому мы будем представлять его по частям. Начнём с истории.

Металлический алюминий в древности – миф или реальность?

Существует легенда, приписываемая римскому учёному и естествоиспытателю Плинию Старшему. Она гласит, что однажды во дворец к римскому императору Тиберию явился мастер, принёсший в дар принцепсу блестящую серебристую чашу, выполненную из лёгкого металла. На вопрос, из какого металла выполнен сосуд, мастер отвечал, что сделал его из глины. Император принял дар, но мастера велел казнить из-за боязни, что новый лёгкий металл обес-

ценит серебро, а это неизбежно приведёт к экономическому кризису. Легко предположить, что металлом, из которого выполнена чаша, был алюминий. Это красивая легенда или анекдот, но не в современном, а в античном понимании этого слова, то есть забавная, порою нравоучительная история. Хотя в той же «Естественной истории» Плиния (XXXVI, 195) и в «Истории» Диона Кассия (LVII, 21, 5 – 7) приводится аналогичный рассказ про мастера, при-



нёшего Тиберию небьющуюся стеклянную чашу, которая при падении лишь деформировалась, подобно серебряной. Сходный рассказ содержится и в «Сатириконе» Пет-

рония (глава 51). Всё это как будто свидетельствует о достоверности приводимых Плинием сведений. Однако в книге Плиния встречается много и вымышленных фактов.

Однажды одному римскому ювелиру позволили показать императору Тиберию столовое блюдо, сделанное из нового металла. Блюдо отличалось необычайной лёгкостью, а по блеску не уступало серебряному. Золотых дел мастер сообщил императору, что этот металл он получил из обыкновенной глины. Он заверил принцепса, что способ добычи этого металла из глины знает только он и боги. Император заинтересовался словами ювелира, хотя финансовая сторона дела не очень его беспокоила. Вскоре его посетила мысль о том, что если люди освоят производство этого светлого металла из обычной глины, то все запасы золота и серебра из его сокровищницы мгновенно обесценятся. Поэтому вместо ожидаемого вознаграждения он распорядился отрубить мастеру голову.

Плиний Старший. «Естественная история»

Но может быть, именно эта легенда не лишена смысла? Дело в том, что некоторые виды глины легко перепутать с бокситом – оксидом алюминия, содержащим воду. Гончары подразделяют глины на тощие и жирные. Такое разделение основано как на внешнем виде глины, так и на ощущении, которое производит глина на ощупь. Жирная глина легко мажется и растирается между пальцами, как масло или мыло. При трении пальцем о поверхность куска жирной глины она принимает блестящий, маслянистый вид, как будто она смазана жиром. Тощая глина имеет при тех же условиях тусклую поверхность. Она мало пластична и непригодна для гончарного дела. В то же время тощие глины легко перепутать с бокситом. При сильном прокаливании этот минерал, в отличие от глины, разлагается с образованием оксида алюминия, который служит сырьём для производства металла и в наши дни.

Однако уже более сотни лет для извлечения алюминия из оксида используют электрический ток. Как же удалось изготовить чашу римскому мастеру, жившему задолго до изобретения электричества? Первое,



Рис. 1. Боксит (фото Н. Морозовой)

что приходит на ум, – это мысль о самородном металле. Не мог ли алюминий быть обнаружен в природе в виде слитка, подобно тому, как и по сей день находят золото, серебро, медь, а иногда и железо? Однако, в отличие от всех этих металлов, алюминий имеет высокую химическую активность. Находясь в длительном контакте с водой и кислородом воздуха, металлический алюминий довольно быстро перешёл бы в соединения. В то же время ещё в XIX веке учёными обнаружено, что при нагревании смеси оксида алюминия с углём до высоких температур происходит образование алюминия в



виде легко летучих и легко окисляющихся паров, при охлаждении превращающихся в маленькие шарики металла. На вид такой шарик легко принять за химическое соединение, так как он не имеет металлического блеска! Всё объясняется лёгкостью, с которой алюминий окисляется на воздухе: каждый шарик снаружи покрывается коркой оксида. Именно поэтому металл, полученный при восстановлении углём, не блестит и, что ещё хуже, не может быть превращён в слиток, а затем в изделие.

Чтобы избежать образования оксида, учёные пробовали проводить реакцию в присутствии избытка углерода, но это мало помогло делу, так как алюминий при высокой температуре реагирует с углём, превращаясь в карбид. При использовании избытка угля в печи вместо металла в виде шариков или слитка находили серый порошок карбида алюминия Al_4C_3 . Чтобы избежать возникновения карбида, братья Ковлес предложили в 1887 году прибавлять к оксиду алюминия при восстановлении другие металлы, например, медь или железо, образующие с алюминием сплавы и тем самым предохраняющие его от окисления углеродом. Цель была достигнута: теперь карбид не образовывался, однако вместо чистого алюминия получался сплав.

По-видимому, по такому пути и шёл легендарный римский мастер, преподнёсший Тиберию алюминиевую чашу. К сожалению, никаких

римских предметов, выполненных из алюминия, археологами не обнаружено. Однако в некоторых китайских гробницах времени династии Цинь найдены предметы, изготовленные из этого металла. В 1959 году китайский археолог Yang Ken опубликовал сообщение об обнаруженной им в гробнице Киансу пряхке, датированной III – VI вв. н. э. и выполненной из сплава, содержащего 85 % алюминия, 10 % меди и 5 % марганца. Такой состав сплава свидетельствует в пользу гипотезы, что древние китайские металлурги задолго до братьев Ковлес раскрыли секрет восстановления бокситов углём и получения металла (а точнее, алюминиевого сплава) в виде слитка. По-видимому, таким же образом был получен и алюминиевый сплав, из которого выполнены элементы орнамента, найденные археологами в гробнице известного китайского полководца Чжоу-Чжу, умершего в начале III в.

Все эти факты свидетельствуют в пользу существования «античного» алюминия, хотя прямых доказательств практически не осталось. Как бы то ни было, разработать способ его массового получения не удалось, а изделия из алюминия не нашли распространения. Долгие годы человечество пользовалось алюминием исключительно в форме соединений. При этом люди даже не подозревали, что в состав этих веществ входит новый, не известный им металл.

Наноалюминий в природе

Хотя общеизвестно, что в виде слитков алюминий никогда не встречается в природе, наночастицы самородного алюминия размером менее 100 микрон обнаружены в железистых отложениях и глинах в восточной части Тихого океана, а также на дне Красного моря и в неко-

торых породах Сибирской платформы. Частицы, происходящие со дна Тихого океана, представляют собой практически чистый алюминий (98 – 100 % Al) с небольшими примесями железа, титана, кальция, кремния, а также хлора. Микрочастицы алюминия кажутся жёлто-оранжевыми,



так как снаружи покрыты тонкой плёнкой, состоящей из частично окислённого железа и кремния. Учёные полностью исключают техногенную гипотезу появления наночастиц алюминия на дне океана. Одно из доказательств этого – практически полное отсутствие примесей меди и марганца, которые неизбежно присутствуют в алюминии, получаемом электролизом. Маловероятно и попадание алюминия на океанское дно из космоса. Одна из гипотез, выдвинутых учёными, заключается в биогенном восстановлении соединений металлов, в том числе и алюминия, под действием микроорганизмов, создающих восстановительную среду. Однако в результате деятельности бактерий металлы образуются в скрытокристаллическом виде (то есть в виде настолько мелких кристаллов, что они не различимы даже в обычный микроскоп), в то время как обнаруженные микрочастицы алюминия имеют обычную для металлов кристаллическую структуру. Остаётся предположить, что восстановление соединений алюминия до металла происходит в природе в результате геологических процессов, происходящих при высоких температурах и давлениях без доступа кислорода, например, в атмосфере водорода или метана. В этих условиях при контакте щелочных пород с кварцем SiO_2 и галитом NaCl возможно предположить образование летучего хлорида AlCl , который, проходя через слои горных пород, распадается на мелкие кристаллы алюминия и хлорид AlCl_3 .

Мелкие кристаллы алюминия обнаружены учёными и на Луне. Здесь, как и на поверхности Земли, найти металлы в самородном виде удастся нечасто. В пробе лунного грунта, доставленной на Землю космическим кораблём, помимо алюми-

ния обнаружены железо, никель, медь, цинк. Образец грунта, взятый в континентальной части Луны, между Морем Кризиса и Морем Изобилия, содержал три небольших вытянутых зерна алюминия длиной 0,22, 0,15 и 0,1 мм. Подобно частицам земного алюминия, они имеют матовую поверхность и обнаруживают металлический блеск и характерную серебристо-белую окраску лишь на свежем изломе. Кристаллическая структура «лунного» алюминия ничем не отличается от структуры его земного «собрата». Предполагают, что обнаружить самородный алюминий на поверхности Луны будет гораздо проще, чем на Земле – там он встречается намного чаще. Учёные объясняют это тем, что небольшие кристаллы металлического алюминия могли возникнуть не только путём распада устойчивого лишь при высоких температурах хлорида AlCl , но и как результат бомбардировки поверхности Луны потоками космических лучей. Под действием нейтронов и протонов, прилетающих на Луну из космоса, некоторые связи в природных минералах алюминия рвутся, что и может привести к возникновению мелких частиц свободного металла. Подробное изучение этих процессов – дело будущего.



Рис. 2. Гранулы алюминия