

Образовательный центр «Сириус»

## II Химическая образовательная программа

По итогам конкурсного отбора кандидатами на участие в химической смене стали призеры и победители заключительного и регионального этапов Всероссийской олимпиады школьников по химии 2017 года, а также победители и призеры олимпиад по химии 1-го уровня (Московская олимпиада школьников по химии, олимпиада «Ломоносов», Интернет-олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в будущее», Всесибирская олимпиада).

В программу смены были включены теоретические и практические занятия в лабораториях по неорганической, аналитической, органической химии и биохимии, лекции и семинары ведущих преподавателей, по выбору – участие в выполнении практико-ориентированных задач.

Образовательный  
центр «Сириус»

II Химическая  
образовательная  
программа

30 января –

22 февраля

2018

Издание подготовлено  
при поддержке  
образовательного  
центра «Сириус»

**Главные редакторы:**

Андрей Дроздов  
Вадим Ерёмин

**Дизайн-макет:**

Святослав Сайко

**Вёрстка:**

Святослав Сайко

**Иллюстрации:**

Святослав Сайко

**Фотографы:**

Фото «Сириус»  
Святослав Сайко  
Елена Юдина

**Редакторы:**

Наталия Хлебцевич  
Юрий Андреев

**Авторы статей:**

Максим Андреев  
Олег Вартанов  
Александр Гладилин  
Андрей Дроздов  
Вадим Ерёмин  
Антон Курлянчиков  
Георгий Лебедев  
Наталия Хлебцевич  
Андрей Швед  
Полина Шутова  
Дарья Яроменок

## A 0.1

## Содержание

### 6 Мы в Сириусе

- 6 A 1.1 Вступительное слово
- 10 A 2.1 Биохимия на химической смене
- 17 A 2.2 Статистика смены
- 19 A 2.3 Сириус – это мы!

### 22 Теория

- 22 B 1.1 Живая природа – пазл, который можно складывать бесконечно
- 30 B 2.1 Задачи

### 36 Практикум

- 38 C 1.1 Опыты

### 41 Керамика

- 41 D 1.1 Синтез кристаллических глазурей
- 45 D 1.2 Специфика поведения кристаллических глазурей на поверхности изделий, выполненных методом 3D печати.

### 51 Биохимия и олимпиады на марках



## А 1.1

## Вступительное слово

Руководитель II химической образовательной программы, доцент кафедры неорганической химии МГУ им. М. В. Ломоносова  
Андрей Анатольевич Дроздов

Руководитель направления «Химия», профессор МГУ им. М.В.Ломоносова, доктор физико-математических наук  
Вадим Владимирович Еремин

Это – вторая химическая смена в «Сириусе» и первая смена с полным составом участников, 200 человек более чем из 40 регионов страны. Конкурс на нее превысил 2,5 человека на место. Вне конкурсного отбора были приглашены победители и призеры заключительного этапа ВсОШ по химии 2017 года, но только те, кто не участвовал в первой смене. При отборе остальных участников учитывались, в первую очередь, достижения на ВсОШ и химических олимпиадах 1-го уровня, а также результаты участия в иных интеллектуальных конкурсах химического профиля.

Основные цели данной смены – подготовка к участию в олимпиадах по химии высшего уровня, в первую очередь, финальному этапу ВсОШ 2018 года, развитие способностей детей и расширение их химического кругозора с помощью интенсивных занятий по углубленной программе, развитие практических навыков и проектного мышления в процессе выполнения практико-ориентированных задач.

Больше 100 часов химии за три недели – такой насыщенной химической программы в нашей стране больше нет нигде. Мы очень надеемся, что благодаря проведенным занятиям ребята не только лучше узнали химию, но и получили стимул к дальнейшей самостоятельной работе.

На химических сменах мы стараемся не только готовить детей к олимпиадам по химии, но и учить их основам химической науки. Это означает, что, решая различные задачи, школьники не просто получают ответ, а обсуждают общие химические идеи, которые стоят за конкретными вопросами. Мы не просто показываем технические приемы решения задач, но и развиваем химическое мышление в целом, стараемся демонстрировать школьникам

## А 1.1

широкий взгляд на химические проблемы, пытаемся идти от частного к общему. Наверное, не все из участников смены станут победителями или даже участниками финального этапа Всероссийской олимпиады, но наверняка все они повысили свой образовательный уровень, узнали много нового и, очень вероятно, захотели узнать еще больше. Это и есть главный результат смены.

Примерно одну треть всех занятий школьники провели в лабораториях Парка науки и искусств. Помимо традиционного практикума, включающего задачи по неорганической, аналитической и органической химии, некоторым школьникам была предоставлена возможность участвовать в решении практико-ориентированных задач. Спецификой данной смены, ее визитной карточкой, стала биохимия. Наряду с четырьмя биохимическими задачами школьники решали материаловедческие и технологические проблемы создания новых глазурей и изучали направленную кристаллизацию виллемита в стеклах.

За первые две смены у нас появились свои традиции. Это – финальная олимпиада, конкурс задач, составленных школьниками, ведение необычной химической статистики, и, наконец, издание журнала, второй выпуск которого вы держите в руках.

**До встречи на новых сменах!**





## А 2.1

## Биохимия на химической смене

Доктор химических наук, профессор химического факультета МГУ, эксперт МОК по химии  
Александр Кириллович Гладиллин

Отличительной чертой научно-образовательной программы второй химической смены стали четыре биохимических задачи. В процессе их выполнения ребята поняли, что объекты живой природы подчиняются тем же физико-химическим закономерностям, что и более знакомые им неорганические вещества, и что биохимия, безусловно – раздел химической науки, хоть и находящийся на стыке различных естественнонаучных областей.



NanoDrop™

Участники смены прослушали цикл лекций и поучаствовали в многочисленных семинарах, в результате получив необходимые теоретические знания, на обсуждение которых не всегда остается время в рамках традиционной школьной программы. В лабораторном практикуме по биохимии ученики 10 и 11 классов получили возможность поработать на современном оборудовании, используя последние достижения биохимии и биоаналитической химии для изучения реальных объектов современного мира, будь то сложная коммерческая фармацевтическая продукция или же самые обычные повседневные пищевые и косметические продукты.

Первая из практических задач представляла собой комплексное исследование по амплификации генетического материала и состояла из нескольких подзадач, базирующихся на том или ином методе исследования. Так, в первую очередь, участники определяли общее содержание нуклеиновых кислот в образце при помощи системы NanoDrop™, позволяющей оценивать количество различных веществ, в том числе, нуклеиновых кислот, в пробе, а также количество белка методом Смита.

На следующем этапе школьники научились выделять ДНК из биологического материала, проводить полимеразную цепную реакцию (ПЦР) в пробирках и оценивать ее результат с помощью электрофореза в агарозном геле. Результатом работы явился набор генетического материала, который представляет безусловную ценность: ведь, используя данный подход, можно проверить содержание свиного мяса в колбасных изделиях под маркировкой «только из говядины», определить наличие генетических модификаций в томатах и выполнить иные многочисленные опыты, проводящиеся в исследовательских лабораториях по всему миру.

## А 2.1

Задачей учащихся стало экспериментальное определение кинетических параметров ЛДГ.

Для этого они измеряли скорость ферментативной реакции при различных концентрациях субстрата и, далее, на основании полученных результатов, вычисляли  $K_m$  и  $V_{max}$ . Таким образом учащиеся смогли погрузиться в удивительный мир научной работы.

Центральным объектом второй задачи стала Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) – гликолитический фермент, катализирующий обратимую реакцию восстановления пирувата до лактата, сопровождающуюся окислением кофермента NADH (так называемое гомоферментативное молочнокислое брожение). ЛДГ встречается практически во всех клетках, однако наиболее активна в скелетной мускулатуре, сердечной мышце, почках, печени и эритроцитах.

Полный математический анализ ферментативных реакций приводит к сложным уравнениям, не пригодным для практического применения. Наиболее удобной оказалась простая модель, разработанная в 1913 г. Она объясняет характерную гиперболическую зависимость активности фермента от концентрации субстрата и позволяет получать кинетические параметры, которые количественно описывают эффективность фермента:  $V_{max}$  (максимальная скорость) характеризует эффективность катализа, а  $K_m$  (константа Михаэлиса, то есть концентрация субстрата, при которой скорость реакции равна половине максимальной) является количественной мерой связывания фермента и субстрата.

Третья задача была посвящена получению и анализу высокочистого препарата другого важного окислительно-восстановительного фермента – формиатдегидрогеназы (ФДГ). Для целей очистки были использованы электрофорез в полиакриламидном геле и гель-фильтрационная хроматография смеси белков. Гель-фильтрационная хроматография основана на разделении молекул благодаря различиям в их размерах. Носители для этого типа хроматографии, в основном, представляют собой пористые частицы. Большие молекулы не проникают в поры и элюируются (покидают хроматографическую колонку) быстро, в то время как маленькие молекулы проникают в поры и удерживаются на колонке дольше.

Носитель для проведения гель-фильтрационной хроматографии выбирают таким образом, чтобы обеспечить разделение необходимых компонентов в смеси. В данной задаче использовался носитель декстрина с поперечными сшивками (торговое название Sephadex G75). Разделяемый образец содержал формиатдегидрогеназу (80 кДа), лизоцим (14,5 кДа) и фенилаланин (165 Да). Данную белково-аминокислотную смесь наносили на колонку, после чего элюировали рабочим буферным раствором. Полученные фракции собирали в отдельные пробирки и определяли наличие белка по поглощению при длине волны 280 нм, анализировали на наличие ферментативной активности, а также отбирали пробы для проведения электрофореза в варианте SDS-PAAG.



Гель-фильтрационная хроматография основана на разделении молекул благодаря различиям в их размерах.

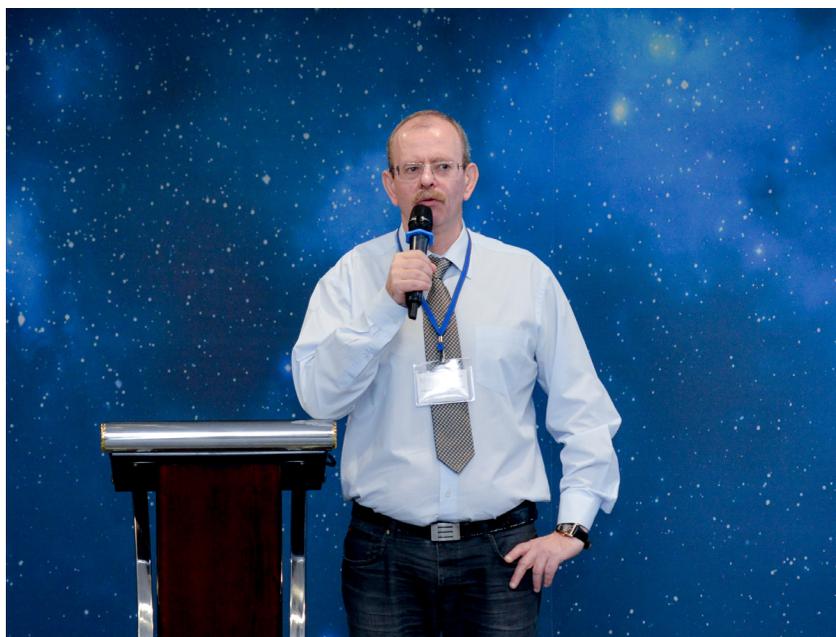
Носители для этого типа хроматографии, в основном, представляют собой пористые частицы.

Четвертая задача была посвящена определению каталитической активности и стабильности ФДГ. Как известно, ферменты – биокатализаторы, в подавляющем большинстве случаев, белковые молекулы или комплексы с их участием, ускоряющие химические реакции в живых системах. Для использования биокатализатора на практике, необходимо, чтобы он мог быстро превращать субстрат в продукт в течение длительного времени. Как правило, ферменты обладают низкой стабильностью (ферменты внутри организма функционируют в среднем от 2 до 200 часов, после чего подвергаются денатурации), поэтому изучение активности и стабильности ферментов – актуальная проблема современной биохимии. В рамках данной задачи учащиеся исследовали формиатдегидрогеназу – фермент, катализирующий окисление иона формиата до углекислого газа при сопряженном восстановлении кофермента  $\text{NAD}^+$  до  $\text{NADH}$ :  $\text{HCOO}^- + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{NADH}$ . Под активностью фермента понимают скорость ферментативной реакции, которая прямо пропорциональна концентрации фермента (при избытке субстрата и кофермента). Другими словами, активность – это количество фермента, которое катализирует превращение одного мкМ субстрата в минуту при стандарт-

## A 2.1

ных условиях. Для измерения активности фермента школьники использовали спектрофотометрический метод, поскольку восстановленная форма данного кофермента NADH, в отличие от окисленной NAD<sup>+</sup>, поглощает свет при длине волны 340 нм. Поэтому, по изменению оптической плотности от начала реакции можно судить об активности фермента (оптическая плотность возрастает, так как в ходе реакции образуется продукт реакции NADH). Коэффициент молярного поглощения ( $\epsilon_{340}$ ) NADH составляет 6220 М<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup>. Для определения  $K_M$  и  $V_{max}$  участники смены строили график зависимости начальной скорости ферментативной реакции от начальной концентрации субстрата (формиата натрия), а точные кинетические величины  $K_M$  и  $V_{max}$  определяли линейризацией уравнения Михаэлиса в двойных обратных координатах (метод Лайнуивера-Берка).

Исключительно важной характеристикой фермента является его стабильность под действием температуры или химических реагентов (например, кислот или перекисей). Процесс разворачивания белковой глобулы при таком воздействии называют денатурацией. В данной задаче учащиеся исследовали термостабильность ФДГ, измеряя остаточную активность фермента при различных температурах и временах инкубации, и рассчитывали константу скорости инактивации  $k_{in}$  из анализа экспериментальных данных в полулогарифмических координатах (график зависимости натурального логарифма величины остаточной активности от времени ( $\ln(A/A_0) - t$ )).





Сириус – это место, где я узнал,  
что таких, как я, много, что есть  
ещё очень много вещей, которых  
я не знаю, и возможностей,  
которые я ещё не реализовал.

Сначала я расстроился, узнав что  
попал в биохимическую команду,  
но на уроках я начал осознавать,  
что мне очень нравится этот  
предмет и я свяжу свою жизнь  
с этим направлением химии.

Фролов Григорий

Томск



## А 2.2

## 4157 впечатлений

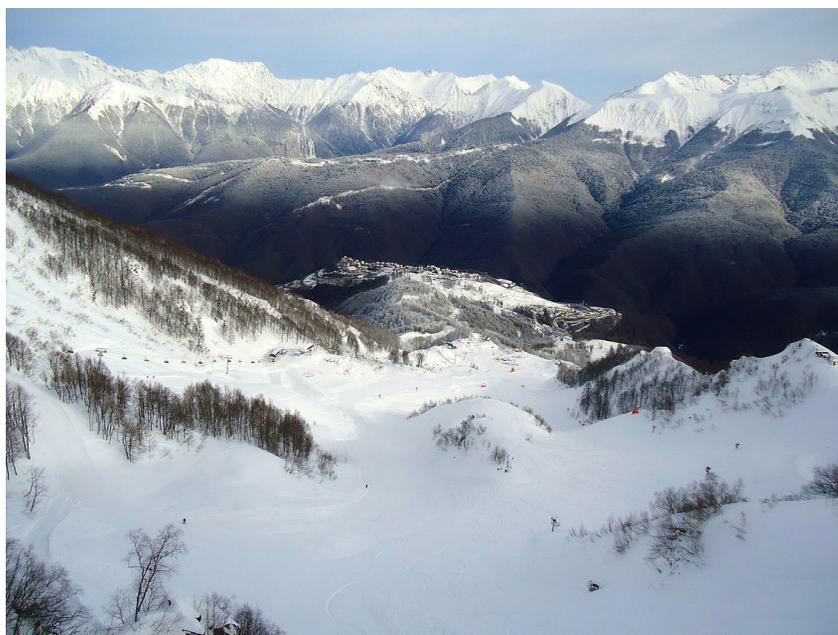
«Самое яркое событие – открытие смены и презентации клубов. Было интересно знакомиться с новыми ребятами и преподавателями, открывать для себя новые возможности современных технологий.»

Москаленко Саша  
Саратов



«Когда я вошла в комнату и увидела вид из окна, чуть не расплакалась от красоты»

Ву Женёк  
Тула

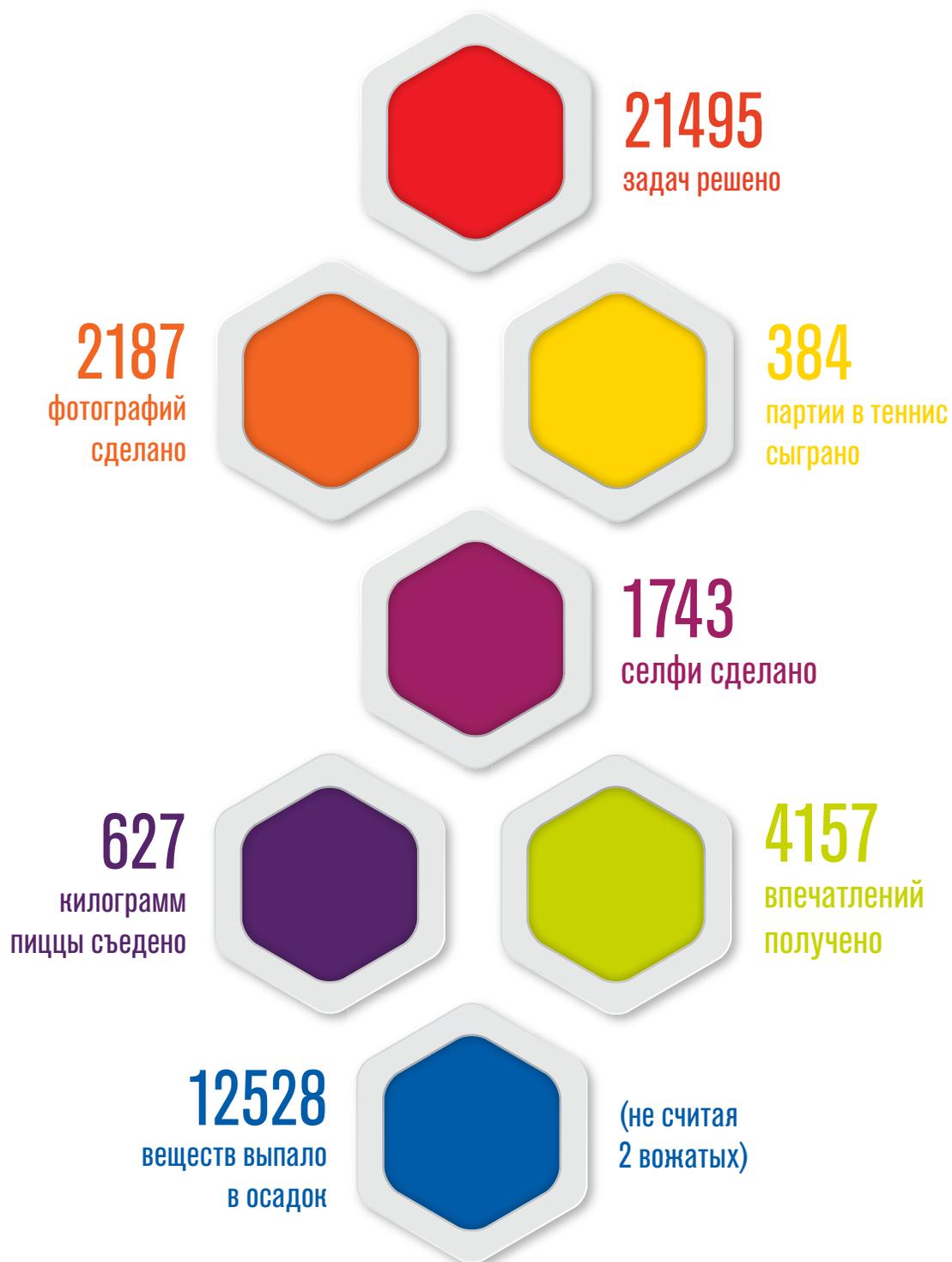


«Больше всего понравилась экскурсия на Розу Хутор. Я крымский ребёнок, и здесь, в Сочи, впервые увидела снег»

Однокол Полина  
Севастополь

## А 2.2

## Статистика смены



## А 2.3

## Сириус – это мы !



«Здесь очень интересные люди со всех уголков страны, чудесные кураторы, превосходная кухня и интереснейшие мероприятия для отдыха и развлечений»

Свистунова Александра  
Белгород



«В Сириусе кормят просто божественно. Это то, из за чего я люблю это место, помимо химии.»

Горошихин Георгий  
Саратов





«Я открыла для себя химию с новой стороны, когда впервые столкнулась с такой темой, как физхимия, и она действительно классная!»

Стеблецова Ирина  
город Орёл

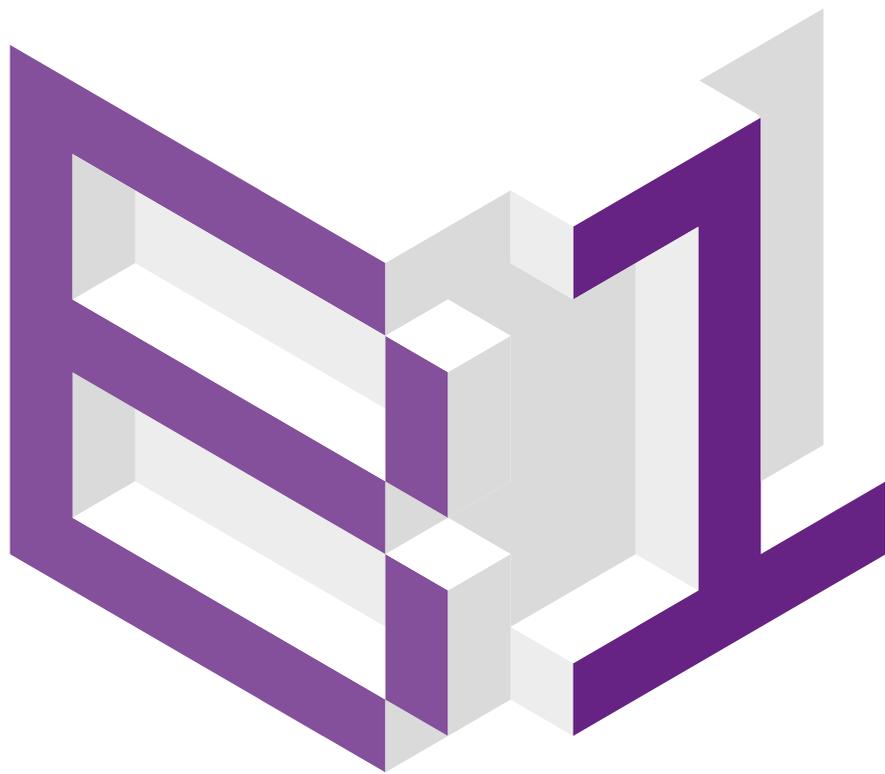


«Называли ли меня ботаном? Называли. И знаете, это ещё как окрыляет! Ты понимаешь, что в своей части такой дивной науки ты лучший»

Саратовский Никита  
Саратовская область,  
город Саратов

«Что бы я сказал человеку, который убеждён, что химия это скучно? Ты только посмотри как ванадий восстанавливается. Какая красота!»

Остапович Дмитрий  
Зеленоград



## Б 1.1

# Живая природа – пазл, который можно складывать бесконечно

Доктор химических наук, профессор химического факультета МГУ, эксперт МОК по химии  
Александр Кириллович Гладилин

По мере развития научных методов исследования стало очевидно, что органические молекулы можно синтезировать в лаборатории, а биохимические процессы подчиняются тем же самым физико-химическим закономерностям, что и неорганические реакции. Тем не менее, у живой природы есть набор существенных особенностей, присущих только ей.

Первым шагом будущего исследователя, решившего посвятить себя познанию все еще не раскрытых тайн живой материи, должно стать ознакомление со структурой главных биологически важных молекул (нуклеиновых кислот, белков, углеводов, липидов) и прояснение взаимосвязи их строения с функциями, выполняемыми в организме.

На протяжении веков велись споры о постижимости живой материи. Приверженцы теории витализма утверждали, что в организмах присутствует нематериальная сверхъестественная сила, управляющая жизненными явлениями, и познать эту силу человеку не дано.

К числу основных свойств живых систем следует отнести: наличие и консервативность генетической информации; способность к воспроизводству; матричный синтез сложных биомолекул; ограниченное число классов химических соединений; исключительное разнообразие молекул внутри классов; построение сложных молекул из ограниченного набора простых «блоков»; исключительно высокую организацию систем; высокую скорость протекания химических реакций благодаря наличию биологических катализаторов – ферментов.

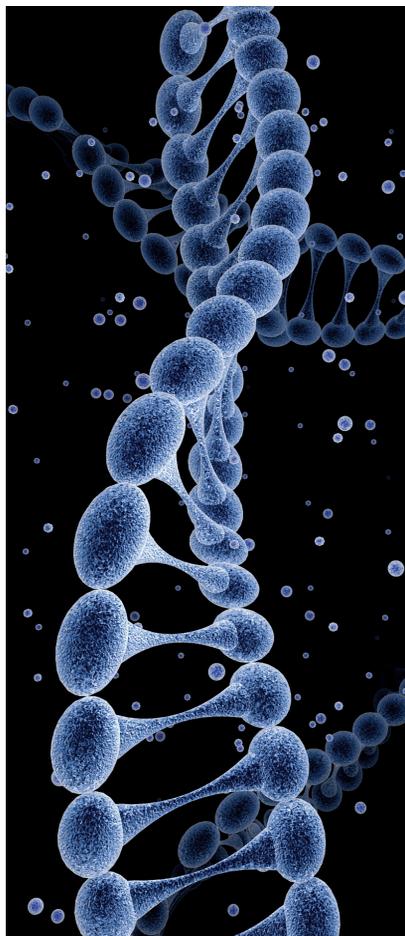
Что ж, начнем с нуклеотидов и нуклеиновых кислот, состоящих из остатков молекул трех типов: азотистых оснований, сахара (D-рибозы или 2'-дезоксид-рибозы) и орто-фосфорной кислоты. Полимерные молекулы данного класса отвечают в организме за сохранность, передачу и реализацию генетической информации. Молекулы ДНК – это «хранилище» информации.

В совокупности всех молекул ДНК клетки, именуемой геномом, содержится вся информация о белках, которые нужно синтезировать организму, а, если посмотреть шире, то вся информация, необходимая для построения и поддержания жизнедеятельности организма. ДНК представляет из себя полимерную кислоту, в которой остатки 2'-дезоксид-рибозы связаны между собой 3',5'-фосфодиэфирными связями.

## Б 1.1

Спираль ДНК давно стала символом способности человека познавать самого себя и окружающий мир, ее изображение часто присутствует на объектах искусства, в рекламных материалах, в качестве иллюстраций литературных произведений. В этом же выпуске журнала читатель встретит ее в статье, посвященной химическим почтовым маркам.

Рибонуклеиновые кислоты, на первый взгляд, отличаются от дезоксирибонуклеиновых не слишком сильно, но это сходство обманчиво.



Кроме того, каждый остаток дезокси-сахара связан с одним из 4 главных азотистых оснований: аденином (А), гуанином (G), цитозином (С) или тиминном (Т). ДНК существует в виде двухцепочечной спирали, в составе которой противоположно направленные индивидуальные полимерные цепочки соединяются друг с другом посредством водородных связей между комплементарными основаниями с образованием пар А-Т и G-С.

При умеренном нагревании цепи ДНК расходятся. После охлаждения по ним, в соответствии с правилом комплементарности, могут быть достроены новые, так называемые дочерние цепи. Данное свойство ДНК лежит в основе крайне важного аналитического метода – полимеразной цепной реакции (ПЦР), которую участники второй химической смены в Сириусе проводили в рамках практических занятий по биохимии.

В 2'-положении углеводного остатка в РНК присутствует гидроксильная группа (в отличие от водорода в ДНК). Это различие предполагает меньшую стабильность РНК, что не является критичным, поскольку РНК всегда может быть синтезирована по ДНК как по матрице. РНК содержит урацил (U) вместо Т, а в результате процессинга расщепляется на специализированные молекулы матричной (информационной) мРНК, транспортной тРНК и рибосомной рРНК, выполняющие различные функции в биосинтезе белка. РНК не образует дуплекс, однако в тРНК есть участки, именуемые стеблями, где реализуется спаривание комплементарных оснований.

В организмах, наряду с полимерными молекулами ДНК и РНК, присутствуют мономерные нуклеотиды, содержащие от одного до трех остатков фосфорной кислоты. Классическим примером таких соединений служат адениновые нуклеотиды, в первую очередь, аденозинтрифосфат или АТФ – основная энергетическая «валюта» живых систем. Следует отметить, что нуклеотиды, включающие другие азотистые основания, также выполняют важные функции в различных метаболических процессах.

Другим исключительно важным классом биологически активных соединений являются белки, выполняющие разнообразные функции в живых организмах: структурную, транспортную, защитную, двигательную, сигнальную, ферментативную. С нуклеиновыми кислотами белки роднит принцип построения из стандартных «кирпичиков» - в данном случае, α-аминокислот, остатки которых соединены друг с другом пептидной связью. Все огромное разнообразие белков достигается за счет различий в боковых заместителях (неполярные, полярные, заряженные отрицательно,

## Б 1.1

Пептидная связь является «полуторной», что выражается в ее относительной жесткости и наличии цис-транс-изомерных форм.

В белках практически всегда реализуется транс-изомерная форма вне зависимости от конкретного аминокислотного остатка (исключение – пролин, для него равновероятна любая из изомерных форм).

Нельзя обойти вниманием тот факт, что все канонические аминокислоты, кроме глицина, являются оптически активными соединениями.

Кстати, если бы белки были построены из остатков D-аминокислот (что вполне могло бы быть! Эволюционные биохимики полагают, что выбор в пользу L-аминокислот был абсолютно случайным), мы бы жили в зеркально отраженном мире, где левая рука была бы правой, а правая – левой!

заряженные положительно и незаряженные при нейтральных значениях рН) двадцати так называемых канонических аминокислот и строго заданном порядке их чередования. Пептидная связь обладает рядом очень важных особенностей. Во-первых, она характеризуется относительно малой энергией, в связи с чем организмам не приходится затрачивать большого количества молекул АТФ для ее синтеза. Во-вторых, в водной среде термодинамическое равновесие смещено в сторону продуктов гидролиза пептидной связи, однако белки стабильны (среднее время жизни от 2 до 200 часов), поскольку связь «защищена» высоким активационным барьером. Наконец, исходя из ее экспериментально определенной длины, пептидная связь является «полуторной», что выражается в ее относительной жесткости и наличии цис-транс-изомерных форм. В белках практически всегда реализуется транс-изомерная форма вне зависимости от конкретного аминокислотного остатка (исключение – пролин, для него равновероятна любая из изомерных форм).

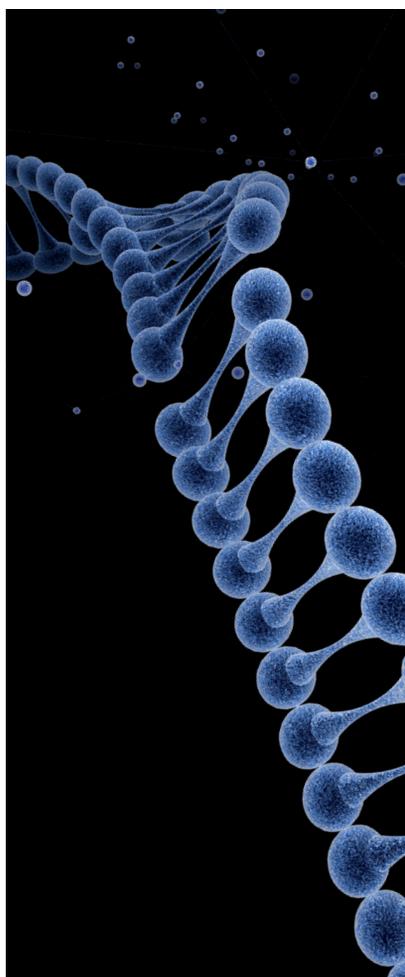
Иногда приходится слышать мнение, что все α-аминокислоты, встречаемые в природе, относятся к L-ряду. Это не совсем так. Функционально активные олигопептиды, присутствующие в организмах, наряду с остатками L-, содержат значительные количества остатков D-аминокислот. А вот белки действительно построены только из остатков одного типа, а именно L-аминокислот. Это связано с необходимостью сворачивать белок после биосинтеза в компактную, плотно упакованную и высоко организованную структуру – конформацию, которую часто называют нативной, то есть, природной.

Первичная структура любого белка однозначно определяет все его структуры более высоких уровней: вторичную, третичную и четвертичную. Следует подчеркнуть, что эти структуры, в отличие от первичной, реализуются, главным образом, благодаря нековалентным (их часто называют невалентными) взаимодействиям, в первую очередь, водородным связям и гидрофобным взаимодействиям. Следует также подчеркнуть, что ковалентные связи в уже свернутом белке могут подвергнуться изменениям. Данный процесс называется пост-трансляционной модификацией, основными вариантами которой являются гидролиз небольшого числа пептидных связей (например, активация протеолитических ферментов и трансформация проинсулина в инсулин), гликозилирование, то есть модификация аминокислотных остатков сахарами, приводящая к образованию гликопротеинов, формирование дисульфидных мостиков и т.д.

## Б 1.1

Особый интерес исследователей вызывают белки, обладающие четвертичной структурой, которые часто называют олигомерными. По сравнению с мономерными аналогами, такие белки обладают рядом существенных преимуществ.

Углеводы – исключительно разнообразный и важный класс биомолекул. Их принято делить на моно-, олиго- и полисахариды, при этом надо иметь в виду, что все они присутствуют в живых организмах и играют в них важную роль.



Олигомерным белкам присуща экономия генетического материала, снижение негативного эффекта от ошибочного включения аминокислот в процессе трансляции, возможность создания наномолекулярных конвейеров, исключающих диффузию из числа скорость-лимитирующих факторов метаболических процессов, наличие положительного кооперативного эффекта. Всё это делает олигомерные белки объектами пристального внимания исследователей при разработке биотехнологических процессов.

Наверное, многие люди, даже весьма далекие от химии, легко ответят на вопрос, какой сахар является самым главным. Конечно же, глюкоза! Тем не менее, в природе присутствуют и другие жизненно важные моносахариды – глицериновый альдегид, дигидроксиацетон, рибоза, манноза, галактоза, фруктоза, глюкозамин – все и не перечислить. Эти вещества являются ценным и самым быстро мобилизуемым источником энергии, а также служат предшественниками многочисленных ключевых соединений.

К числу основных олигосахаридов следует отнести мальтозу, целлобиозу, трегалозу, лактозу, сахарозу, раффинозу. Строение и мономерный состав олигосахаридов весьма разнообразен. При этом часть из них способна вступать в реакции с окислителями (например, жидкосолями Толленса, Фелинга и Ньюленда), а другие – нет. Первые называются редуцирующими (или восстановливающими), а вторые – нередуцирующими сахарами.

Мир полисахаридов также весьма разнообразен. Так, самым распространенным биополимером на Земле является целлюлоза. Этот структурный полисахарид является основным компонентом клеточной стенки растений. Практически ни одно животное не способно усваивать целлюлозу. Даже жвачные, которые питаются травой, лишены такой возможности, за них сахара усваивают живущие с ними в симбиозе бактерии. Еще более инертным является полисахарид насекомых и ракообразных хитин, который не растворяется ни в кислотах, ни в щелочах, ни в органических растворителях. В противовес упомянутым выше полимерам, растительный крахмал и животный гликоген – полисахариды запасные. Они легко и с высокой скоростью распадаются до мономерных глюкозных звеньев, которые далее расщепляются до более простых молекул, снабжая организм энергией.

Мы обсудили выше лишь наиболее распространенные полисахариды. На самом деле, молекулы этого класса весьма разнообразны и включают пептидогликаны бактерий, альгиновые кислоты и агарозу водорослей, разнообразные глюкозаминогликаны и гликопротеины, присутствующие у различных организмов,

## Б 1.1

Сравнивая два полисахарида растений – целлюлозу и крахмал – не перестаешь удивляться, как весьма, на первый взгляд, незначительное изменение в структуре на молекулярном уровне (разные аномерные формы одного и того же моносахарида, фактически, ориентация одной гидроксильной группы) приводит к столь существенным различиям в макроскопических свойствах полимеров.

Биомембраны выполняют разнообразные функции, главной из которых является барьерная: благодаря весьма избирательной проницаемости биомембран, организму удается создать внутри них среду, существенно отличающуюся по составу и свойствам от внешней.

Заканчивая нашу краткую экскурсию в мир наиболее важных биомолекул, пожелаем участникам второй химической смены найти свою область науки, которая вызывает у них неподдельный интерес и желание искать ответы на еще нерешенные вопросы. Автору данных строк будет особенно приятно, если таковой областью для некоторых ребят станут науки о жизни, а интерес к ним будет зарожден во время работы в биохимическом практикуме в Образовательном центре «Сириус».

пектины и инулин растений, протеогликановый агрегат – основной компонент хрящей животных.

Ну, и наконец, липиды – весьма разнородный класс с точки зрения строения входящих в него соединений. Пожалуй, главным критерием при отнесении той или иной молекулы к липидам служит наличие в ее структуре протяженных неполярных (гидрофобных) областей. К наиболее распространенным липидам следует отнести триацилглицериды, фосфоглицериды и стероиды. Триацилглицериды состоят из остатков глицерина и жирных кислот. Эти неполярные молекулы являются одним из основных питательных запасов, поставляющих энергию, необходимую для протекания разнообразных биопроцессов. Триацилглицериды различаются жирными кислотами, входящими в их состав. В случае животных жиров – это преимущественно длинноцепочечные насыщенные карбоновые кислоты, а в случае растительных масел велика доля относительно коротких кислот и количество кратных связей.

Фосфоглицериды являются амфифильными молекулами, в них присутствуют протяженные неполярные участки, именуемые «хвостами», и компактные полярные, часто заряженные группы, называемые «головой» липида. Наряду с интегральными белками, они являются основными компонентами биомембран – бислойных образований, окружающих клетки и многие органеллы. Такое разделение крайне важно: в частности, именно благодаря ему функционируют молекулярные моторы (например, АТФ-синтаза) и молекулярные насосы (например, натрий-калиевый).

Стероиды – группа соединений, обладающих ярко выраженной функциональной активностью. К их числу относятся половые и кортикостероидные гормоны, витамин D, регулирующий обмен кальция и фосфата, желчные кислоты, способствующие усвоению жиров в кишечнике, наконец, холестерин – вещество, определяющее многие свойства биомембран.

Интереснее химии только любовь.

Но любовь это тоже химия.

Перевощикова Александра

г. Глазов, Удмуртская республика

Химия, и ещё раз химия!

Самое яркое впечатление,

когда наконец началась

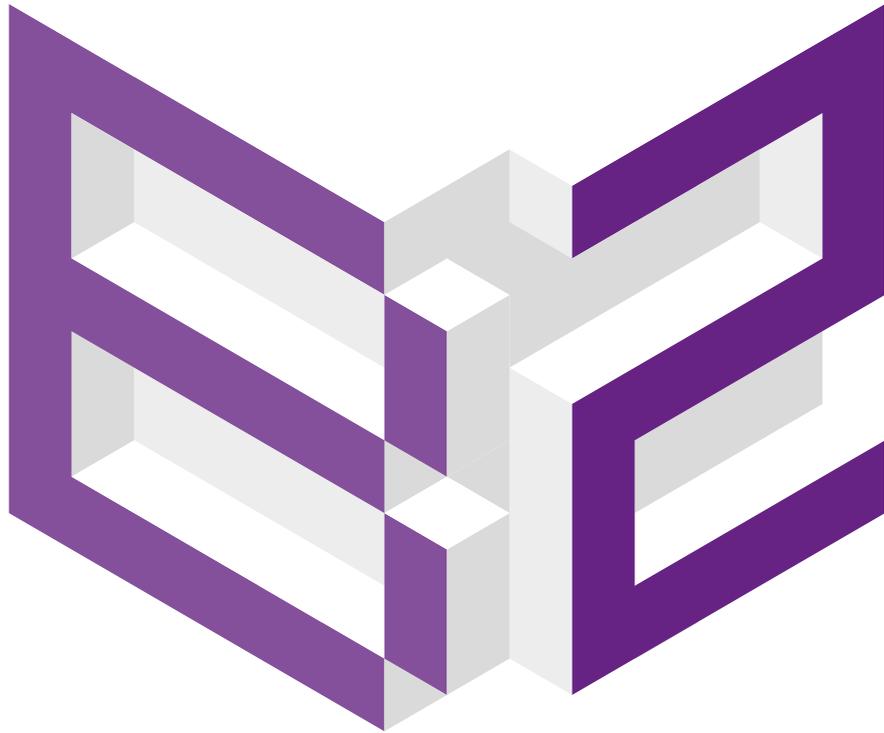
нормальная учёба и мой мозг

взорвался на лекции Ерёмкина.

Нигомедьянова Дарья

Новосибирск





## Б 2.1

## Задачи

Студент 4 курса химического факультета МГУ, победитель международных химических олимпиад Андрей Швед

## Уровень 1

Для полного гидрирования (катализатор – Ru/C) 5.8 г смеси двух жидких при н.у. карбонильных соединений потребовалось 3.06 л водорода (100°C, 1 атм) При действии на такое же количество смеси избытка аммиачного раствора оксида серебра образуется 6.48 г осадка. Определите строение карбонильных соединений и их содержание (в мольных %) в исходной смеси.

## Уровень 2

Вещество **X** представляет собой бесцветные кристаллы, плохо растворимые в воде, но хорошо – в кислотах и органических растворителях. В организме человека **X** входит в состав белков. Для установления его молекулярной формулы продукты сгорания 12.0 г **X** пропустили через твёрдый гидроксид натрия. При этом его масса увеличилась на 25.0 г, а также остался газ без цвета и запаха объёмом 1.12 л (н.у.). Если же продукты сгорания такого же количества **X** пропустить через раствор гидроксида бария, то выпадает 80.8 г белого осадка, масса которого уменьшается до 23.3 г при действии подкисленного азотной кислотой раствора перманганата калия.

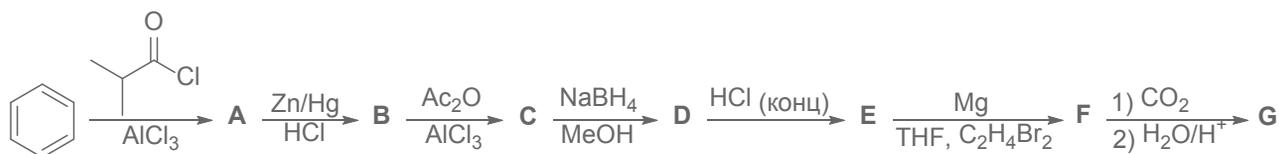
Установите молекулярную формулу **X** и напишите уравнения всех упомянутых реакций.

**X** можно получить окислением соединения **Y** пероксидом водорода в щелочной среде. Приведите структурные формулы **X** и **Y**.

Какова роль **X** в структуре белка? В каких белках повышенное содержание **X**?

## Уровень 3

Соединение **G** представляет собой эффективное болеутоляющее и жаропонижающее средство. Данный препарат входит в список важнейших лекарственных средств Всемирной организации здравоохранения и многих стран в отдельности. Одна из схем синтеза **G** представлена ниже.



Приведите структурные формулы соединений **A-G**. Обладает ли **G** оптической активностью? Учтите, что массовые доли **C** и **H** в **G** составляют 75.69% и 8.80% соответственно.

Как называется лекарственный препарат на основе соединения **G**?

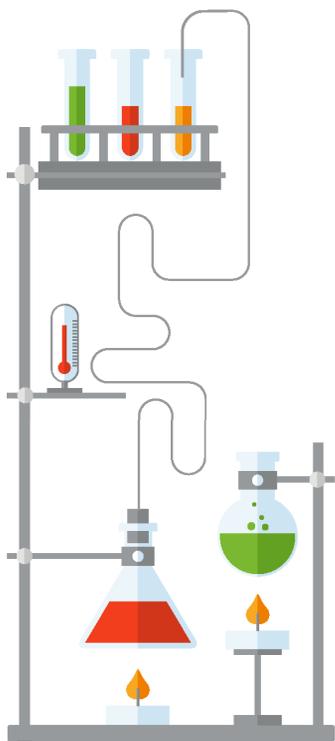
Можно ли напрямую получить **B** реакцией алкилирования по Фриделю-Крафтсу? Ответ мотивируйте.

Зачем на стадии образования **F** из **E** добавляют небольшое количество 1,2-дибромэтана? Какой побочный продукт образуется на данной стадии? Предложите метод отделения **G** от данной примеси.

## Б 2.1

## Задачи победителей конкурса

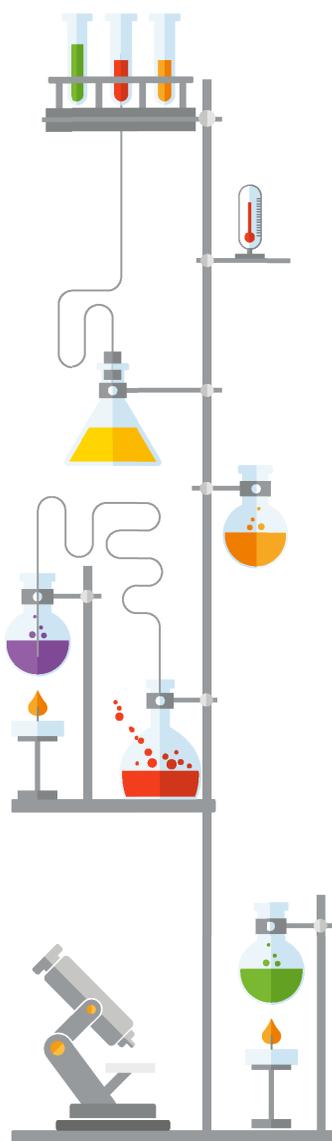
Кротова Вероника  
Наука 1



Химик Илья нашел в лаборатории неизвестное вещество серебристо-белого цвета. Для определения состава этого вещества химик решил провести несколько реакций. Он растворил 10 г этого вещества в концентрированной щелочи ( $\omega(\text{NaOH}) = 40\%$ ,  $\rho = 1,4299 \text{ г/см}^3$ ), при этом все вещество растворилось. Далее химик решил продолжить опыты и растворил 10 г вещества в растворе неизвестной кислоты **A**. Кислота **A** даёт белый творожистый осадок с нитратом серебра. При растворении этого вещества с кислотой **A** выделилось 6,14 л газа (при н.у.) **B**. Далее химик добавил концентрированный раствор аммиака и выпало 19,327 г белого осадка, при дальнейшем добавлении раствора аммиака количество белого осадка уменьшилось на 10,662 г. Далее он отделил осадок и прокалил его, масса твердого остатка после прокаливания составила 5,667 г.

1. Напишите, чем являются **A** и **B**.
2. Найдите, какое вещество обнаружил химик Илья в лаборатории.
3. Запишите его качественный состав. Приведите необходимые расчеты.
4. Запишите уравнения всех реакций, которые указаны в задаче.
5. Рассчитайте **V** (NaOH), который пошел на реакции с неизвестным веществом.

Хайбрахманов Артур  
Наука-5



Элемент **X**, входящий в состав животных и растительных тканей, является микроэлементом. Химия этого элемента начала развиваться с 1930-х годов, особенно быстро - в годы 2-ой мировой войны 1939-45 годов и после нее в связи с потребностями атомной промышленности и ракетной техники - некоторые соединения этого элемента могут применяться в качестве окислителя в ракетных топливах, но продукты горения с этими окислителями токсичны, поэтому топливо на основе элемента **X** не получило распространения в современной технике.

1. 55 мг элемента **X** вступило в реакцию, через 4 минуты прореагировала половина данной массы. Константа скорости равна  $2,88 \text{ моль}^{-1}\text{с}^{-1}$ . Назовите элемент **X**. Через какое время прореагирует половина оставшейся массы?

2. Важнейшим природным соединением **X** является минерал **M**. При горении этого бинарного соединения пламя окрашивается в кирпично-красный цвет. Что это за соединение? Как называется минерал **M**? Обработывая этот минерал серной кислотой, получают кислоту **A**. Напишите уравнение реакции. Какое тривиальное название у этой кислоты?

3. 20 г кислоты **A** прореагировало с 12 г кремнезёма. Какие образовались продукты реакции и в каком количестве?

4. Существует разновидность минерала **M**, в котором присутствует металл **Y**, полученный в 1828 году Фридрихом Велером и названный в честь шведского населённого пункта. При полном восстановлении кальцием 5,2857 г бинарного соединения **X** с **Y** (**Y** в соединении присутствует в своей высшей степени окисления) восстанавливается 3,2222 г металла. Что это за металл?

5. Одним из способов получения простого вещества **X** является термолиз соединений церия (IV) и кобальта (III) с элементом **X**. Напишите уравнения реакций.

Благодаря большому количеству  
практических занятий стало  
ещё интереснее. А благодаря  
большому количеству умных  
людей вокруг, появилась  
мотивация учиться дальше.

Худякова Екатерина

Новосибирск





## С 1.1

## Практикум химической образовательной программы

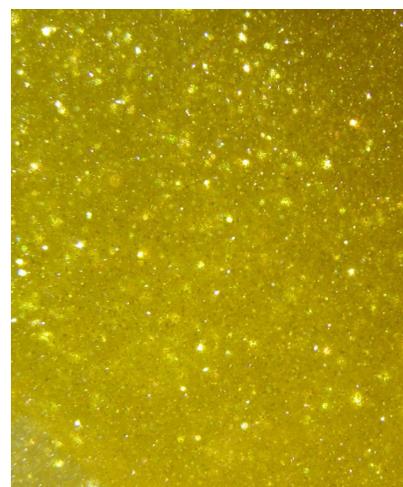
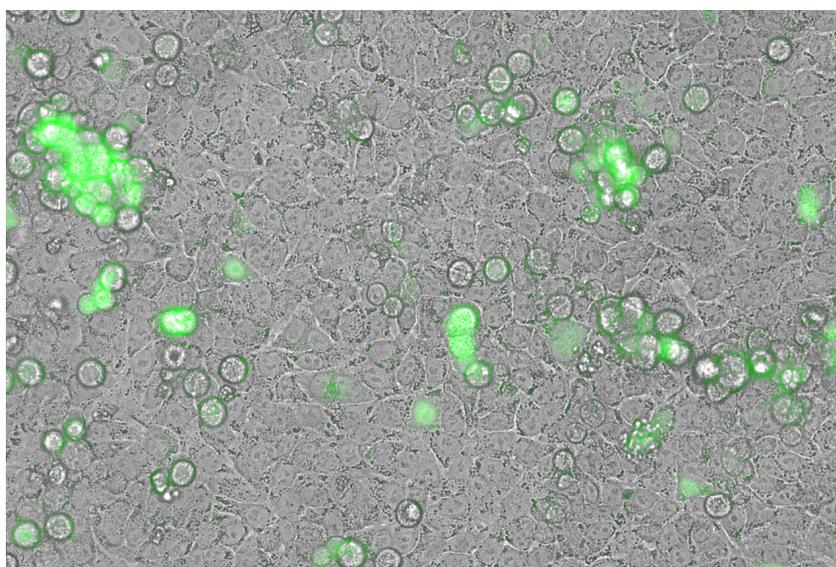
Студент 4 курса химического факультета МГУ, победитель международных химических олимпиад Андрей Швед

Мы уверены, что каждый участник февральской химической смены в «Сириусе» вынес для себя много полезного и непременно вернётся сюда снова!

Многие думают, что химия – это просто набор непонятных формул, уравнений и сложных теорий, однако каждый школьник, побывавший в «Сириусе» на февральской химической смене, ответит вам иначе. Ребятам посчастливилось прочувствовать всю красоту и многогранность этой науки, в чём им помогли замечательные преподаватели и хорошее оснащение образовательного центра «Сириус». Каждый день школьников был расписан буквально по часам: учебные занятия сменялись внеклассными мероприятиями, так что скучать ребятам точно не приходилось! Уникальность химической смены в том, что познавательная часть программы включала в себя не только семинары и лекции, но и работу в настоящих лабораториях. Практические занятия углубляют и закрепляют знания, полученные на семинарах, а также являются частью подготовки школьников к олимпиадам различного уровня.

Каждому отряду предлагалось проделать ряд опытов: от простых до самых сложных, причём со многими из них ребята никогда бы не встретились в школе. Все познакомились с количественными и качественными методами анализа, с которыми имеют дело химики в своей повседневной жизни. Методика каждого опыта была прописана в специально разработанном пособии, но иногда преподаватели проявляли креативность и предлагали проделать не менее интересные и необычные эксперименты сверх заявленного. Красочные осадки, меняющие цвет растворы и индикаторы, увлекательные синтезы – краткое описание того, с чем пришлось столкнуться школьникам. Особенностью данной смены стало то, что некоторые отряды старших классов смогли пройти практикум по такому активно развивающемуся направлению, как биохимия. Самых увлечённых ребят пригласили участвовать в создании керамических шедевров.

C 1.1



## С 1.1

## Практикум

## Опыты

## Флюоресцентные белки

Школьники получают возможность поработать с одной из методик количественного определения белка, заключающейся в реакции бицинхониновой кислоты с ионами одновалентной меди, получающиеся в результате реакции ионов двухвалентной меди с белком в сильнощелочной среде.

Это одна из входных задач практикума, в которой школьники впервые переходят от качественного макроэксперимента к количественному микроэксперименту и знакомятся с настоящим лабораторным оборудованием: планшетным спектрофотометром, механическим пипетатором, центрифужными микропробирками и прочим лабораторным оборудованием микробиолога.

В результате они получают калибровочную прямую и вычисляют количество белка в коммерческом препарате.

## Реакция с иодидом калия, KI

Иодид калия образует с ионами свинца Pb<sup>2+</sup> осадок золотисто-желтого цвета, растворимый в горячей дистиллированной воде:  $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2$

При охлаждении раствора PbI<sub>2</sub> снова выпадает в осадок в виде золотисто-желтых кристаллов. Эту реакцию часто называют "реакцией золотого дождя".

Выполнение реакции: возьмите в пробирку 2-3 капли раствора соли свинца и прибавьте к нему 2-3 капли раствора иодида калия. К полученному осадку прилейте 3-5 мл дистиллированной воды и несколько капель разбавленной азотной кислоты. Нагрейте пробирку на водяной бане до полного растворения осадка. Охладите пробирку под струей холодной воды. При медленном охлаждении раствора образуются крупные золотисто-желтые кристаллы PbI<sub>2</sub>.

## Бицинхониновая кислота и метод Смита

Флюоресценция, связанная с особым возбуждением молекул – это особая часть химии и аналитической химии. GFP (зеленый флуоресцирующий белок) – один из редких представителей таких белков, которые флуоресцируют.

В специальных стерильных условиях растут клетки, которые продуцируют данный белок, который затем количественно и качественно оценивается. Сотрудники лаборатории дают возможность детям понаблюдать за развитием колонии и свечением белка, а дети могут познакомиться с основами флюориметрического анализа на реальных объектах.



## D 1.1

# Специфика поведения кристаллических глазурей на поверхности изделий, выполненных методом 3D печати.

Хлебцевич Наталия Юрьевна, профессор кафедры керамики МГХПА им. С. Г. Строганова, член Международной академии керамики IAC

Шутова Полина, студентка 1 курса магистратуры МГХПА им. С. Г. Строганова

Яроминок Дарья, студентка 1 курса магистратуры МГХПА им. С. Г. Строганова

Одним из направлений научной деятельности второй химической смены стал синтез кристаллических глазурей и их тестирование на керамике и фарфоре. Необходимо было выяснить, зависит ли формирование кристаллов от метода формования изделия. Школьники работали над поставленной задачей в керамических мастерских Научного парка Сириуса под руководством преподавателей из МГУ и МГХПА им. Строганова, а также руководителя мастерской керамики Антона Курлянчикова.

Перед художником, проектирующим керамическое изделие, всегда стоит несколько задач. Это прежде всего создание формы, имеющей пластическую и образную выразительность, будь то функциональный предмет или декоративная скульптура. Но специфика работы керамиста заключается не только в точности художественного решения, но и в глубоком знании технологических особенностей материала, в котором он работает.

На сегодняшний день работа в таком древнем виде искусства, как керамика не обходится без использования новых технологий. Художники и дизайнеры с интересом пробуют актуальные материалы, находя для себя другие способы выразительности.

Их работа тесно связана с работой технолога. Именно их сотрудничество – залог успеха будущего производства. В этом году студенты магистратуры кафедры керамики МГХПА им. Строганова впервые получили задание по проектированию коллекции ваз, предназначенных для 3D печати глиняной массой. Декорировать решили в том числе и кристаллическими глазурями. Новая технология внесла свои коррективы в привычное задание.

Художнику керамисту при проектировании формы нужно учитывать материал из которого будет изготовлено будущее произведение. Так, изделия из шамота, как правило имеют не только большие размеры, но и выразительную фактуру, декорируемую оксидами и солями металлов. Фаянсовые предметы, имеющие гладкую поверхность и относительно невысокую (1100 градусов) температуру второго обжига часто декорируют яркими цветными глазурями и подглазурными красителями. Особый интерес у современных художников вызывают кристаллические глазури, которые можно наносить на фарфоровые изделия. При этом не важно, будет ли фарфор очень высокой белизны, ведь под глазурями этого типа цвет черепка виден не будет. Все внимание зрителя сосредоточится на кристаллах, растущих на поверхности. Этот аспект также немаловажен и для промышленников, так как очень белые сорта фарфоровой массы как правило значительно дороже при производстве. Конечно, кристаллические глазури являются и наиболее сложными для использования. Они требуют особого длительного режима обжига и большого внимания к форме изделия. Как пра-

## D 1.1

Именно поэтому художник, как правило, работает в тесном сотрудничестве с химиком-технологом.

Актуальность данного исследования подтверждает интерес Императорского Фарфорового Завода (ИФЗ) к технологии производства и к возрождению кристаллических глазури.

В течении смены руководителем отдела НИОКР АО Императорского фарфорового завода Ольгой Вячеславовной Курановой совместно со школьниками и педагогами Сириуса были сделаны пробы на кристаллические глазури на формах, распечатанных на 3D-принтере из заводского фарфора

Фонд «Талант и Успех» совместно с Московской художественно-промышленной академией имени С. Г. Строганова и Акционерным обществом «Императорский фарфоровый завод» осваивает новую технику создания керамических изделий, основанную на технологиях цифрового производства - струйную 3D печать керамикой. На наш взгляд, данная технология поможет обогатить индустрию керамических изделий новыми формами, откроет широкий простор для творчества мастеров и сделает более эффективным производство индивидуальных изделий.

вило, сосуды, проектируемые для декорирования такими глазурями, имеют тулово с выступающими, но покатыми «плечами» и небольшим основанием. Именно такая форма даёт кристаллам возможность роста на поверхностях, обращённых к зрителю и отчасти препятствует стеканию глазури с изделия. Сама поверхность изделия также может иметь значение для формирования кристаллов. Поэтому способ формования изделия тоже важно учитывать.

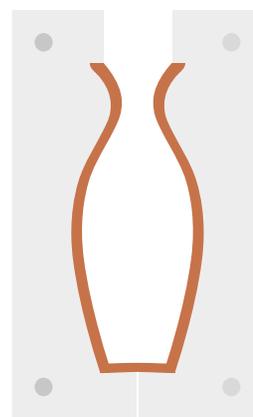
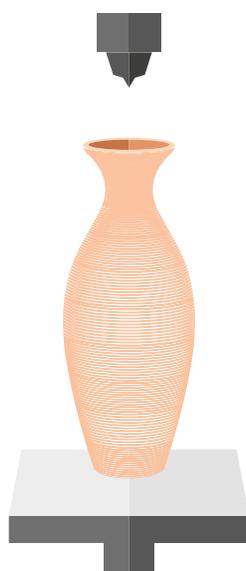
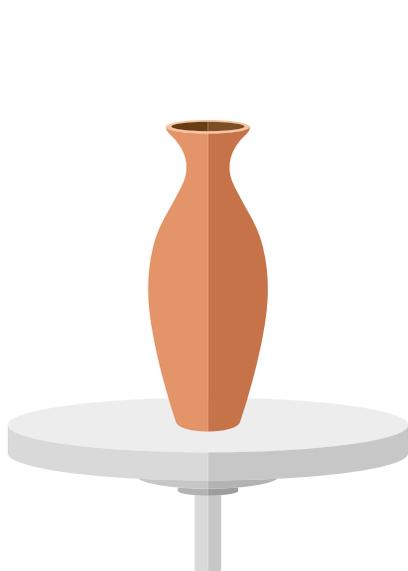
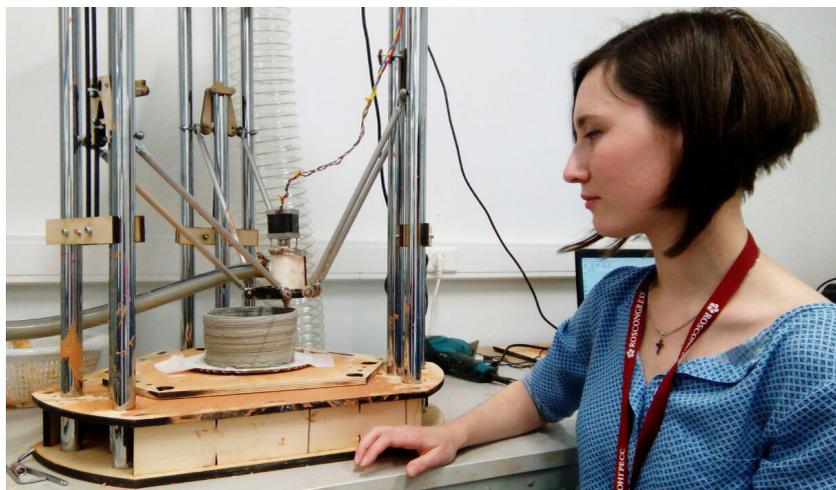
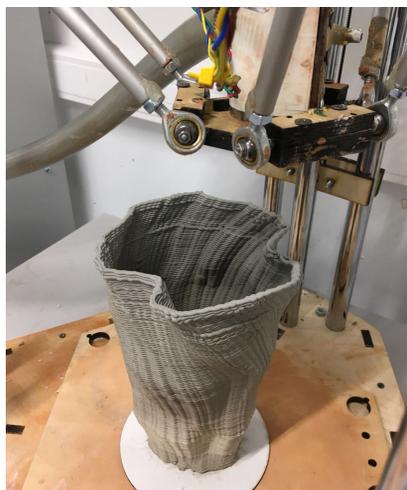
В современном производстве существует три принципиально разных метода формования предметов из керамики. Самым известным является моделирование на гончарном круге, где изделие формируется из комка плотной пластичной массы под воздействием центробежной силы и рук мастера-гончара. Второй способ представляет собой литье жидкой глины (шликера) в гипсовую форму, что позволяет работать с лишенными пластичности массами, такими как фарфор, фаянс и каменные массы, а также значительно ускоряет процесс производства. Третьим и самым молодым является печать изделий с помощью 3D-принтера. В центре Сириус такой принтер появился благодаря инициативе руководителя отдела Прототипирования Олега Вартанова. На базе союза лабораторий Керамики и Прототипирования у школьников появилась возможность опробовать синтезированные ими глазури на изделиях, полученных методом 3D печати.

Создание первого 3D принтера принадлежит Чарльзу Халлу, который в 1984 году изобрел процесс стереолитографии (SLA). На данный момент 3D печать используется в таких индустриях как машиностроение, авиационная и ювелирная промышленность, медицина, а в печати стали использоваться самые разнообразные материалы – от дерева и стекла до металла и бетона.

Бельгийская дизайн-студия Unfold начала «печатать» керамические изделия с помощью 3D принтера RapMan еще в 2012 году. Джонатан Кип (Jonathan Keep) собрал собственный 3D принтер и выложил свои разработки в открытый доступ, открыв тем самым путь для экспериментов всем желающим.

При печати используется экструдерный метод подачи материала, что накладывает определенный отпечаток на внешний вид изделия: слои образуют полосатую структуру поверхности, варьирующуюся в зависимости от диаметра сопла экструдера. Именно эта особенность распечатанных изделий может быть выгодной для использования кристаллических глазури.

## Методы формования керамических изделий



Гончарный способ

3D печать

Шликерное литьё



Проект коллекции фарфоровых ваз под 3D-печать глиняной массой.

**Автор:** Шутова Полина. **Руководители:** Хлебцевич Н. Ю., Юдина Е. А.



Проект коллекции фарфоровых ваз под 3D-печать глиняной массой.

**Автор:** Яроменок Дарья. **Руководители:** Хлебцевич Н. Ю., Юдина Е. А.

Оказалось увлекательным  
познакомиться с полным циклом  
изготовления керамических  
изделий и открыть его  
неотъемлемую связь с миром  
неорганической химии.

Хочется отметить дружескую  
атмосферу и командную работу!

Галкин Максим

Москва

## D 1.2

## Синтез кристаллических глазурей

Руководитель Химической образовательной программы,  
доцент кафедры неорганической химии МГУ им. М. В. Ломоносова,  
кандидат химических наук Андрей Анатольевич Дроздов

Заведующий мастерской керамики отдела  
проектных лабораторий Фонда «Талант и успех»  
Антон Георгиевич Курлянчиков

Педагог ГАОУ ДПО ЦПМ  
Максим Николаевич Андреев



В мастерской керамики образовательного центра «Сириус» состоялась II Химическая образовательная программа под руководством Андрея Анатольевича Дроздова доцента кафедры неорганической химии МГУ им. М.В. Ломоносова. В Химической смене приняли участие: научный коллектив магистратуры МГУ, ГАОУ ДПО ЦПМ магистранты академии им. С.Г. Строганова и учащиеся образовательного центра «Сириус». Они работали под руководством Дроздова А.А., Юдиной Е.А, Хлебцевич Н.Ю. Также во II Химической образовательной программе приняли участие специалисты и преподаватели мастерской керамики образо-

Поверхность керамических изделий часто покрывают глазурью – специальным составом, который, растекаясь при обжиге, образует тонкую стекловидную пленку, связанную с керамической основой контактными слоями.

Особый интерес представляют собой кристаллические глазури, в которых в процессе обжига из высоко вязкого силикатного расплава выделяются кристаллы. Кристаллические глазури, таким образом, правильнее называть не стеклами, а стеклокерамикой, или ситаллами. Образующиеся в стекловидной глазури кристаллы не только украшают изделие, но и упрочняют его поверхность.

Одним из самых распространенных типов кристаллических глазурей для высокотемпературной керамики являются виллемитовые глазури, в которых происходит кристаллизация ортосиликата цинка – виллемита  $Zn_2SiO_4$ . В структуре этого вещества ионы цинка находятся в тетраэдрах из атомов кислорода  $[ZnO_4]$ , которые образуют единый каркас с кремнекислородными тетраэдрами  $[SiO_4]$ . Виллемитовые глазури представляют собой сложные многокомпонентные системы состава  $R_2O-R'O-Al_2O_3-SiO_2$  (R – щелочной металл, R' – щелочноземельный металл), в которые введен оксид цинка. Стекла, содержащие в своем составе катионы металлов второй и третьей групп, являются тугоплавкими. Поэтому виллемитовые глазури требуют высокотемпературного обжига и могут быть нанесены только на высокотемпературную керамику – каменную массу и фарфор. Кристаллизация виллемита в стекле происходит при температурах выше  $1000^\circ$ , причем чем ниже температура, тем выше вязкость. А чем медленнее происходит рост кристаллов, тем больше их размер. На образование кристаллов в стекле влияют также кристаллические фазы, служащие центрами кристаллизации. Обычно в качестве таких веществ исполь-

вательного центра, приглашены действующие специалисты Императорского фарфорового завода. Научные коллективы работали над двумя сложнейшими проектами-3D печатью твёрдым фарфором Императорского фарфорового завода и созданием новых кристаллических глазури. Полученные результаты могут быть испытаны промышленными отраслями, а опыт и знания учащиеся смогут применять в своей будущей профессии. Все с нетерпением будем ждать и готовиться к III Химической образовательной программе.

Высокотемпературный обжиг виллемитовых глазури может привести к восстановлению некоторых катионов ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ), которое усугубляется при использовании органического связующего для нанесения глазурной суспензии на поверхность изделий.

0,209 $\text{Li}_2\text{O}$		
0,049 $\text{Na}_2\text{O}$		
0,067 $\text{K}_2\text{O}$		
0,057 $\text{CaO}$		
0,043 $\text{MgO}$	0,16 $\text{Al}_2\text{O}_3$	2,069 $\text{SiO}_2$
0,051 $\text{BaO}$		0,111 $\text{TiO}_2$
0,524 $\text{ZnO}$		

Обжиг изделий с кристаллической глазурью требует особого режима, предполагающего (1) нагрев до максимальной температуры 1190-1220° (2) медленное охлаждение до 1050-1080° (3) выдерживание при этой температуре в течение нескольких часов, (4) естественное охлаждение закрытой печи до комнатной температуры. Образование центров кристаллизации происходит на первой стадии процесса, а постепенный рост кристаллов виллемита – на второй и третьей стадиях.

зуют диоксид титана, причем было показано, что анатаз лучше способствует кристаллизации виллемита, чем рутил.

Кристаллизацию виллемита в цинк-содержащих глазурях впервые наблюдали в 1885 г технологи знаменитого завода в Севре Шарль Лот (Charles Lauth) и Жорж Дютайи (George Dutailly), которые отнесли его к дефектам глазури. Лишь в 1897 году такие глазури стали производить направленно с целью достижения художественного эффекта.

Для окраски виллемитовых глазури в их состав вводят красители – ионы переходных металлов. Связываясь с кремне-кислородным каркасом стеклофазы, они образуют полиэдр с концевыми атомами кислорода. Окраска возникает в результате электронных переходов между уровнями, возникшими при расщеплении d-орбиталей в слабом кристаллическом поле. Окраска ионов металлов в стеклах изучаемого нами состава отличается от окраски данных ионов в водных растворах. Это объясняется тем, что силикатный каркас не является таким гибким, как раствор, и ионы находятся в нем как в октаэдрическом, так и в тетраэдрическом окружении из атомов кислорода. Окраска кристаллов виллемита объясняется изоморфным замещением ионов цинка на ионы тех d-металлов, которые легко переходят из октаэдрического окружения в тетраэдрическое. Так, кобальт окрашивает виллемит в синий цвет, никель – в голубой, железо(+2) – в желтый. При высокой концентрации ионов металлов, выступающих в роли красителей, часть из них не только остается в стеклофазе, но и образует собственные кристаллические фазы, например, оливин ( $\text{R}'\text{R}''$ ) $_2\text{SiO}_4$  (где  $\text{R}'$  – Mg, Ca,  $\text{R}''$  – Fe, Co, Ni), в котором атомы металла находятся в октаэдрах, связанных друг с другом в зигзагообразные цепи.

Нами использовались как покупные кристаллические глазури отечественного производства (S-0510, Хорсс; «Лазурный берег» и «Яшмовая», Керамика Гжели), так и специально разработанные в ГАОУ ДПО ЦПМ авторами данной публикации при участии школьников. К сожалению, в Научном парке ОЦ «Сириус» нет высокотемпературной печи, позволяющей проводить приготовление глазури для керамики. Для примера сбоку приведена формула Зегера глазури S-0510, в которой представлен ее состав в молях оксидов.

Базовая кристаллическая глазурь V1, разработанная в ГАОУ ДПО ЦПМ, дает хорошие кристаллы, но обладает повышенной текучестью. Она была модифицирована введением оксида лития (V2) и оксидов бария и кальция (V3). С целью понижения текучести в глазурь добавляли 5% каолина, что привело к изменению формы и окраски кристаллов.



Перед учащимися стояла задача изучить влияние состава глазури на рост кристаллов виллемита и зависимость формы и размера кристаллов от материала основы. Для этого глазури одинакового состава наносили на различные виды основ – фаянс, мягкий фарфор (Германия, Mont Blanc, обжиг 1230° - 1300°С, белую глину (Испания, марка РА, обжиг 1050° - 1080°С), шамотированную белую глину (Испания, PRAI, обжиг 1240° - 1300°С), мягкий фарфор (ИФЗ) и костяной фарфор (ИФЗ). Использовали также фаянсовый утиль (масса МФФ), обожжённый на 1220°С. Глазурь наносили как непосредственно на поверхность этих изделий, так и поверх ангоба как методом обливания глазурной суспензией, так и кистью. Глазурь собственного производства измельчали на дисковом истирателе до размера зерен 0,06 мм. Порошок глазури разводили водой с добавлением стабилизатора (сульфат магния) и глазурного клея «Оптапикс».



Было показано, что испанская белая глина РА спекается в серую каменную массу с низкой пористостью. Пластическая деформация изделия начинается при температуре около 1250°С что дает принципиальную возможность использовать данный материал как основу для нанесения кристаллической глазури. В то же время, как показали эксперименты, неангобированная поверхность РА при нанесении на нее глазури препятствует образованию и росту кристаллов виллемита при ее нанесении как на высушенное изделие, так и на обожженное до рекомендованной температуры. Глазурь хорошо растекается по поверхности и плотно спекается с основой, образуя прочный контактный слой, не дающий цека и отскока. Аномальное поведение глазури на поверхности РА можно объяснить высокой подвижностью трехзарядных катионов при температуре, близкой к началу пластической деформации основы. Известно, что в присутствии трехзарядных катионов некоторых металлов, например, хрома, кристаллизация виллемита из стеклофазы не происходит. Причину этого еще предстоит изучить.

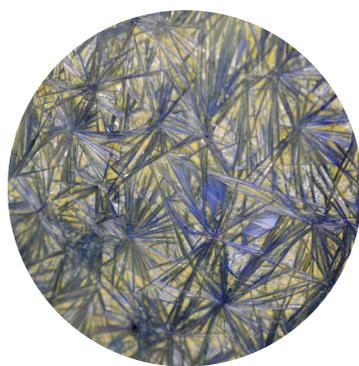
При нанесении виллемитовых глазурей на фаянсовый череп наблюдается рост кристаллов, однако глазурь образует тонкий контактный слой и дает отскок. Прочность основы (фаянса) после второго высокотемпературного обжига понижается. Проведенное исследование заложило основы будущей работы по модифицированию состава кристаллической глазури и выбору оптимального материала керамической основы для ее нанесения. Работа в данном направлении будет продолжена.

Фарфор мягкий Montblanc



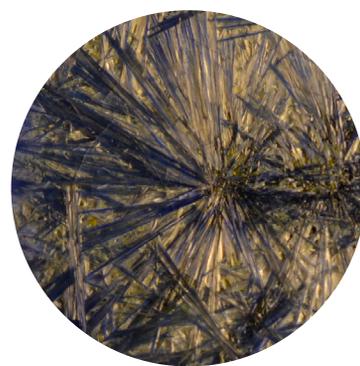
PRAI

Фарфор мягкий ИФЗ

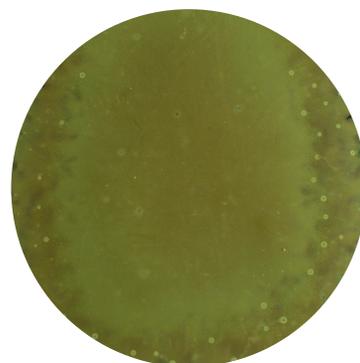
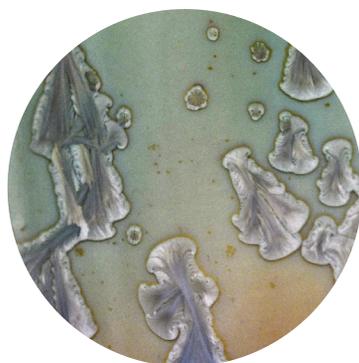
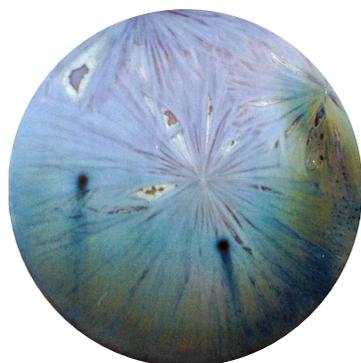
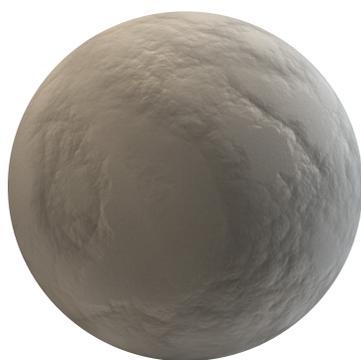


Фаянс

Фарфор костяной ИФЗ



РА



## D 1.2

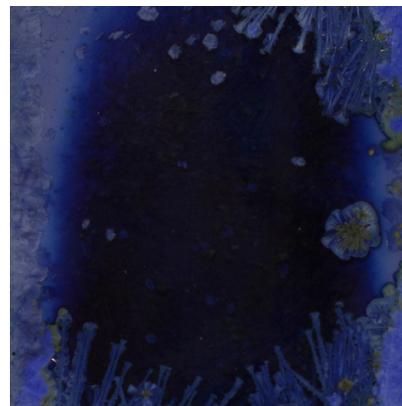
## Пробы кристаллических глазурей



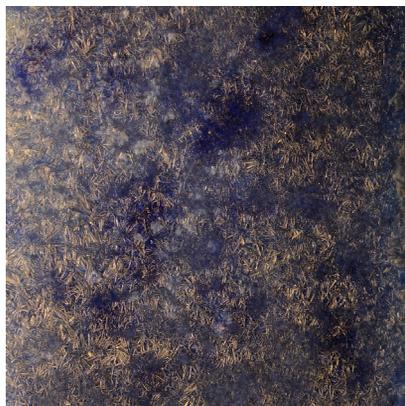
РА 24. На ангобе V3 ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ -0.35% +  $\text{MnO}_2$ -0.4% + каолин-5% + оптапикс).



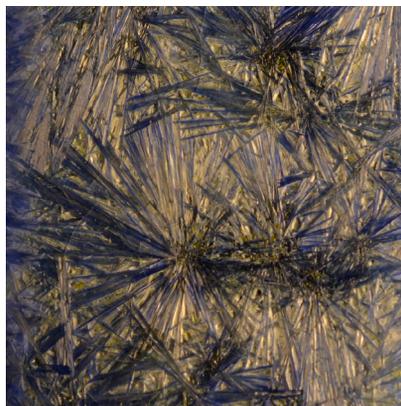
М.В. 3. V1.4 ( $\text{CuO}$ -0.8% + каолин-5%).



РА 21. V3 +  $\text{CoO}$  - 1% + каолин - 5%.



РА 8. V1.2 ( $\text{CoO}$ -0.4% + каолин - 5% + оптапикс)



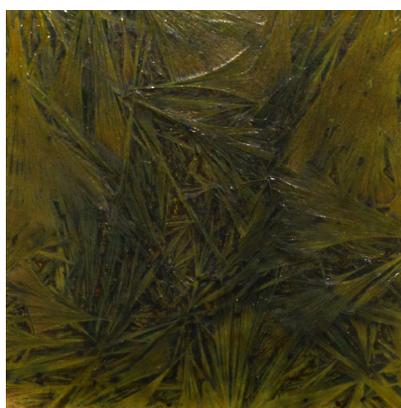
РА 2. V2.2 ( $\text{CoO}$ -0.4% + каолин 5% + оптапикс).



РА 26. V1 (б/ц, непроцеженная).



PRAI 6. V1 +  $\text{CoO}$ -0.5% + каолин-5%



PRAI 20. 2C ( $\text{CuO}$ - 2%).



PRAI 10. 2C ( $\text{CuO}$ -2%).



PRAI 21. V3 ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ -0.35% +  $\text{MnO}_2$ -0.4% + каолин-5% + оптапикс).



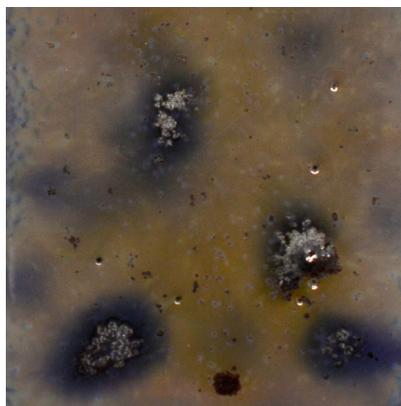
PA 11. На ангобе V3 ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ -0.35% +  $\text{MnO}_2$ -0.4% + каолин-5% + оптапикс).



PA 4. S-0510.



PA 5. V3 ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ -0.35% +  $\text{MnO}_2$ -0.4% + каолин-5% + оптапикс).



PA 6. 1C ( $\text{CoO}$ -0.5% +  $\text{NiO}$ -0.5% +  $\text{MnO}_2$ )



PRAI 20. 2C ( $\text{CuO}$ -2%).



М. В. 1. V1.3 ( $\text{CuO}$ -0.8% + каолин-5% + оптапикс)



PRAI 25. на желтом ангобе V2.2 ( $\text{CoO}$ -0.4% + каолин5% + оптапикс)



Фаянс 13. S-0510.

## Биохимия и олимпиады на марках

Руководитель направления «Химия»,  
профессор МГУ им. М.В.Ломоносова,  
доктор физико-математических наук  
Вадим Владимирович Еремин



(1) Израиль, 1964



(2) Босния и Герцеговина, 2003

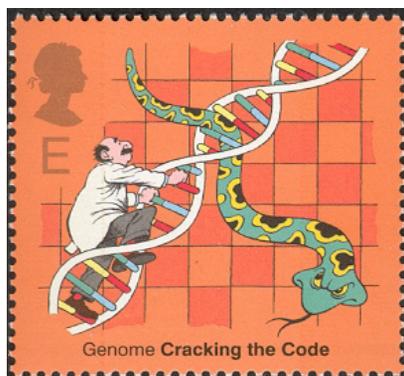
Резерфорду приписывают фразу о том, что наука – это физика, а все остальное – коллекционирование марок. С этим вероятно, можно согласиться, если речь идет об устройстве Вселенной или структуре атома. Но в отношении живых систем это снобистское утверждение очень далеко от истины. Узнать, как устроены живые организмы, изучить механизмы процессов, происходящих в них, и понять тайну жизни с помощью одной только физики невозможно. Для этого нужна химия, точнее один из ее самых интересных разделов – биохимия. Именно биохимия стала «визитной карточкой» научной программы нашей образовательной смены.

И все же химия имеет непосредственное отношение к маркам. Соединение химии и филателии дает хемофилателию – коллекционирование марок, посвященных химии. С 1840 года, когда в Англии появилась самая первая марка, и по настоящее время в разных странах выпущено более 2000 марок, имеющих отношение к химии. Мы рассмотрим самые интересные или необычные из них, связанные с биохимией.

Самая популярная молекула на марках – это, конечно, ДНК. Эта молекула имеет красивую структуру и часто служит символом не только химии или биологии, но и науки в целом. Впервые структура ДНК появилась на почтовой марке в Израиле, в 1964 году (1). Это произошло вскоре после того, как Дж.Уотсон и Ф.Крик получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине «за открытия ... молекулярной структуры нуклеиновых кислот...». Благодаря этой премии о ДНК узнал весь мир. Вероятно, (1) – первая биохимическая марка в истории филателии. На ней изображены двойная спираль, в которой схематично показаны комплементарные пары оснований, и строение живой клетки. После этого появилось множество марок с ДНК самого различного дизайна. Особенно плодотворным в этом смысле был 2003 год, когда отмечалось 50-летие открытия Уотсона и Крика. В этом году Босния и Герцеговина выпустила марку с абстракт-



(3) Великобритания, 2003



(4) Великобритания, 2003



(5) Великобритания, 2003

ным изображением ДНК (2). Пожалуй, узнать хорошо знакомую структуру на этой марке непросто. Юбилею открытия (и одновременно окончанию расшифровки генома человека) посвящена и юмористическая серия британских почтовых марок, из которых мы приводим три (3)–(5). Сама Нобелевская премия Уотсона и Крика отмечена на шведской марке (6). На ней кроме структуры ДНК приведена и дифракционная картина, на основании которой была расшифрована структура. Эта картина позволила определить не только тип структуры, но и ее параметры – расстояние между парами оснований, угол закрутки спирали и длину полного витка. Наиболее подробно состав и структура ДНК изображены на сцепке из 4 марок (7), связанных «водородными связями», и почтовом блоке (8). Эти марки выпущены в 2001 году в Макао – специальном административном районе Китая.

Другой важнейший класс биологически активных молекул – белки. Самая ранняя марка с фрагментом первичной структуры белка вышла в Японии в 1967 году в честь биохимического конгресса (9). Фрагменты каких аминокислот вы сможете на ней найти? 6 годами ранее Международный биохимический конгресс проходил в Москве, и ему тоже была посвящена марка (10), на которой изображена эмблема конгресса. А что вы узнаете на эмблеме?

Основной метод установления пространственной структуры белков – рентгеноструктурный анализ. 2014-й год был объявлен Международным годом кристаллографии, и некоторые страны выпустили марки с изображениями различных кристаллических структур. Серия таких марок вышла в Португалии, и на одной из них представлена структура белка гемоглобина (11). На марке мы видим эритроциты, кристаллы гемоглобина, фрагменты первичной структуры белка, а внутри нее – гемовый фрагмент с центральным атомом железа. Окружающая гем сетка – это контур п-электронной плотности. За исследования структуры глобулярных белков и, в частности, гемоглобина Нобелевскую премию по химии получил (одновременно с Уотсоном и Криком, в 1962 году) английский биохимик Макс Перуц (12). Каталитическая функция белков отражена на другой португальской марке (13), на которой представлена объемная модель активного центра медь-содержащего фермента из класса лакказ, выделенного из бактерии *Bacillus subtilis*.

Интересная серия марок была выпущена в Израиле в 2011 году в честь открытий, совершенных учеными этой страны и удостоенных Нобелевских премий. На первой марке (14) изображена вторичная структура небольшого белка убиквитина, который регулирует процессы разложения белков в организме. А на второй марке (15)

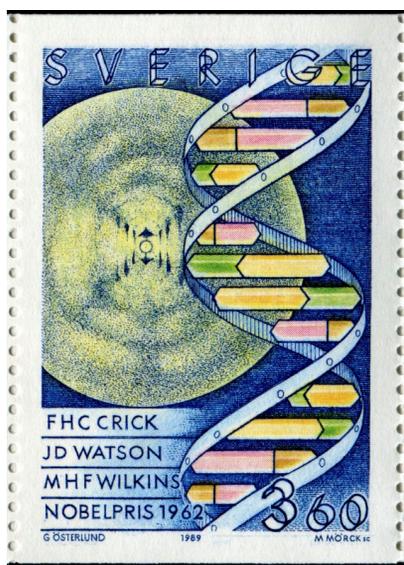
## Домашнее задание

1. Какая молекула изображена на швейцарской марке (22), посвященной Международному году химии, и английской марке (23), выпущенной в честь юбилея Королевского химического общества?
2. Какой процесс изображен на марке Габона (24)?
3. Какая химическая ошибка имеется на американской марке (25)?
4. Какая реакция отражена на шведской марке (26)?

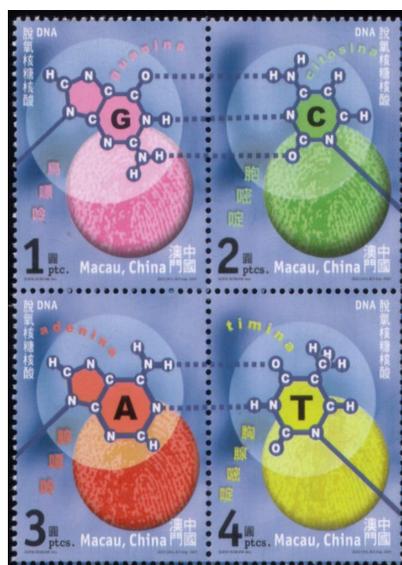
показана значительно более сложная конструкция – рибосома, на которой происходит противоположный разложению процесс – биосинтез белков.

Кроме ДНК и белков на марки попадали многие другие биологически активные молекулы – адреналин (16), кофеин (17), витамин С, стероиды, лекарственные препараты. В 2005 году в Австрии вышел почтовый блок (18) с портретом Карла Джерасси – американского химика австрийского происхождения. Химику он известен исследованиями структуры стероидов. Сможете ли вы найти на блоке молекулы этих веществ?

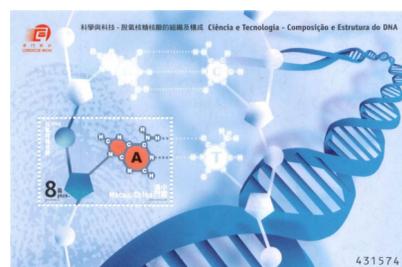
Наша химическая смена имеет не только биохимический, но и, в первую очередь, олимпиадный характер. К сожалению, химические олимпиады на официальных марках еще не увековечены, тогда как физические (19), (20) и математические (21) международные олимпиады в историю филателии уже вошли. В 2018 году в Чехии и Словакии пройдет юбилейная, 50-я Международная химическая олимпиада и очень хочется надеяться, что такое торжественное событие оставит след и в хемофилателии.



(6) Швеция, 1989



(7) Макао, 2001



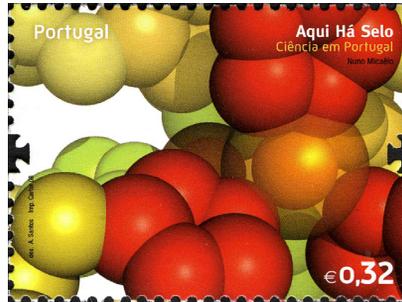
(8) Макао, 2001



(9) Япония, 1967



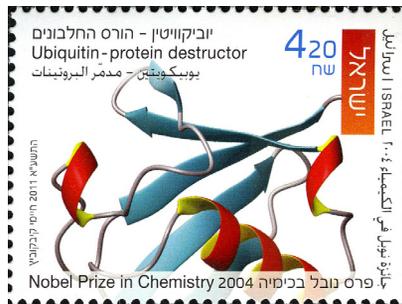
(10) СССР, 1961



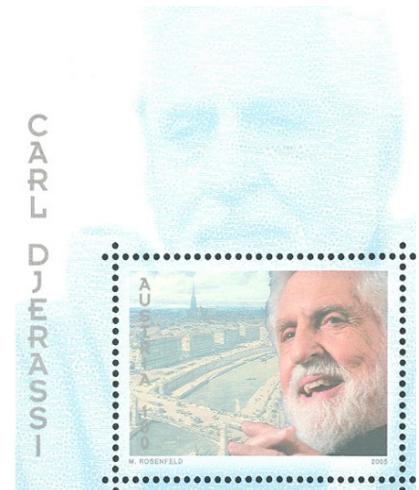
(13) Португалия, 2009



(17) Португалия, 2014



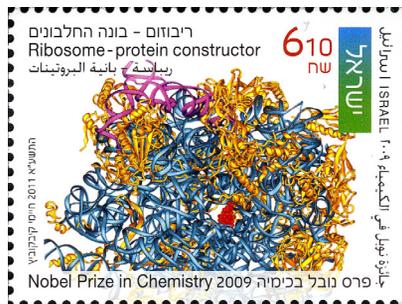
(14) Израиль, 2011



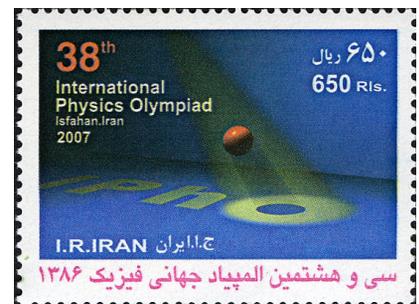
(18) Австрия, 2005



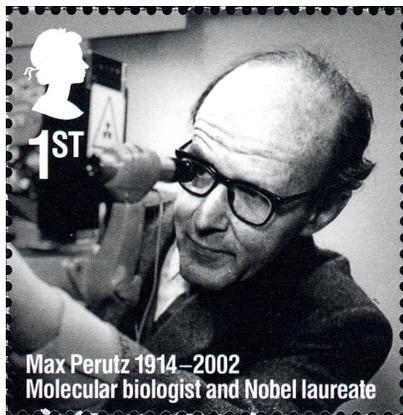
(11) Португалия, 2014



(15) Израиль, 2011



(19) Иран, 2007



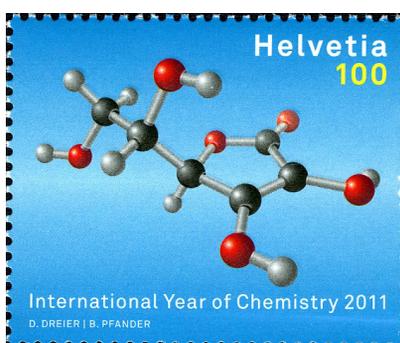
(12) Великобритания, 2014



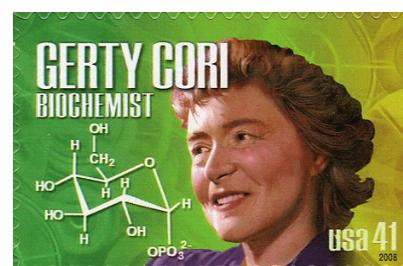
(16) Япония, 2004



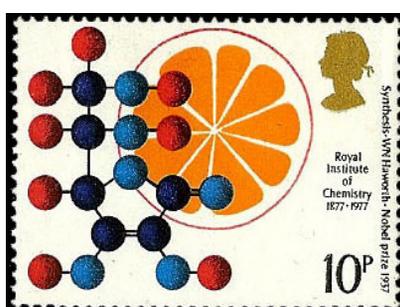
(20) Словакия, 2017



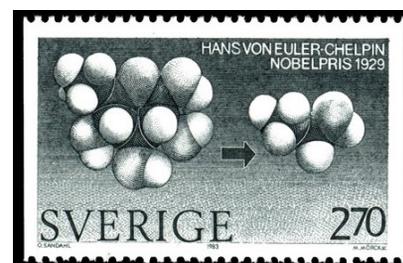
(22) Швейцария, 2011



(25) США, 2008



(23) Великобритания, 1977



(26) Швеция, 1983



(21) Корея, 2000



(24) Габон, 2000

# В шутку и всерьез

На помещенные в анкету вопросы: «Что круче: белок или желток?» и «У какого яйца нет желтка?» участники смены дали более 200 ответов.

Наиболее интересные мы приводим ниже

## Что круче: белок или желток?

«Без белка нет желтка, без белка нет желтка.

Белок и желток, словно Инь и Янь.»

Чиобану Елизавета. Кингисепп.

Белок. Он правит людьми и миром заодно.

Большова Лиза. Саратов.

Круче только химия.

Ковалева Анна. Смоленск.

Круче фенол, он пахнет прикольно

Бадиков Александр. Тамбов.

Белок. Потому что слово «желток» в химии в качестве научного термина не употребляется.

Захарова Юлия. Брянск.

**Ответы на домашнее задание к статье  
Биохимия и олимпиады на марках:**

1. Витамин С.
2. Репликация ДНК.
3. Фосфатная группа связана с фрагментом глюкозы не тем кислородом.
4. Спиртовое брожение глюкозы.

# У какого яйца нет желтка?

У яйца, чей внутренний мир не сформировался до конца.

Шемякина Ольга. Ленинградская область.

У яйца Фаберже. Поэтому так долго и хранится.

Смирнова Дарья. Ярославль

У керамического яйца, которое нашёл на барахолке Андрей Анатольевич.

Костиков Иван. Москва.

У яйца, сваренного Шредингером или купленного на Ali express.

Киселева Софья. Рыбинск.

У яйца, что в утке, утка в зайце, заяц спрятан в ларце, ларец висит в цепях на дубу, который растёт на черной горе или на далёком острове Буяне. Как мы помним, там находится только игла.

Бруннер Маргарита. Москва.

У человеческого, хоть это и химическая смена, а биологию сдавать надо.

Аверин Никита. Астрахань

У которого желток тусовщик и не любит сидеть в своей скорлупе.

Черняховский Александр. Магнитогорск.

У выведенного.

Климовский Владимир. Вологда.

У такого, которое синтезировал химик.

Киреев Георгий. Евпатория.

