

# ПРИБЛИЖЕНИЕ К МЕЧТЕ

## Опыт Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН по организации научно-просветительской и профориентационной работы в рамках проекта "Академический класс в московской школе"

УДК: 374.4, 374.3 Канатьева А.Ю., к.х.н., ИНХС им. А.В.Топчиева РАН, kanatieva@ips.ac.ru,  
ВАК: 13.00.02 Поначугин А.В., НГПУ им. К.Минина

Подготовка научной элиты в области естественных наук возможна лишь при раннем приобщении школьников к настоящим исследованиям. Это важно не только для воспитания будущих ученых, но и для обеспечения качественного образования учащихся безотносительно к сфере их будущей деятельности. Проблему можно решить, организовав научно-исследовательскую работу юных естествоиспытателей на базе уже существующих лабораторий научных организаций, имеющих хорошую приборную базу и высококвалифицированный персонал. Успешная деятельность в этом направлении основана в том числе и на организации дополнительного профильного образования за счет тесной интеграции образовательных систем в ассоциации "школа-вуз-наука". Примером такого взаимодействия может служить проект "Академический класс в московской школе".

Парадигма российского образования претерпевает серьезный пересмотр целевой ценностной платформы. Кардинально изменившиеся запросы общества требуют, чтобы школьное обучение не ограничивалось механистическим усвоением конечного набора знаний, умений и навыков в рамках классической образовательной традиции, а гибко реагировало на динамично меняющиеся потребности социума и формировало у молодого поколения личностные и социальные качества, способствующие осознанному выбору жизненных приоритетов, в том числе профессиональных. Такая всеобъемлющая задача может быть решена только при глубоком понимании и правильной реализации идей личностно-ориентированного обучения. Ключевым при этом является создание условий, необходимых для наиболее полной творческой самореализации ученика и его разностороннего развития, выявление и поддержка индивидуальных интересов и способностей, обеспечение предпосылок для профессионального самоопределения, в том числе путем удовлетворения потребности в само- и дополнительном образовании.

Одной из перспективных моделей такого подхода является идея индивидуальной образовательной траектории (ИОТ) [1], которая предполагает внедрение гибкой образовательной программы: каждый обучающийся должен прослушать обязательный минимум по ряду дисциплин, а также выбрать элективные курсы, которые будут дополнять и углублять знания в той области, которая наиболее ему интересна. В условиях профильного обучения создаются условия для дифференциации содержания образования старшеклассников с широкими и гибкими возможностями построения индивидуальных программ за счет

внедрения элективных курсов и проектной деятельности, расширяются возможности установления равного доступа к полноценному образованию разным категориям обучающихся в соответствии с их способностями, индивидуальными склонностями, потребностями и возможностями. Введение профильного обучения в старших классах позволяет максимально учесть образовательные потребности и возможности учащихся, а также является одним из путей реализации программы, ориентированной на расширение доступности качественного образования в школе [2].

Помимо этого, неотъемлемой частью профильного обучения как модели ранней специализации является проектная деятельность, которая наиболее успешно может быть реализована в естественно-научной области при сотрудничестве школ, научных организаций и высших учебных заведений.

Проект "Академический класс", стартовавший в Москве в 2016 г., объединяет усилия учителей московских школ, ресурсы всех сетевых учреждений Департамента образования и науки города Москвы, научных институтов и вузов. Образовательные программы академических классов содержат элементы предпрофессионального образования, знакомят учащихся с применением научных знаний и результатов исследований в изучении проблем реальной жизни и основаны на погружении в научно-исследовательскую деятельность для осознанного выбора современных профессий. Таким образом вузы и научные организации создают надежный задел на будущее – воспитывают выпускников, мотивированных на получение профессий в наукоемких и высокотехнологичных отраслях экономики, необходимых для устойчивого опережающего развития страны [3].



Рис.1. Во время проведения семинаров и практических мастер-классов

Идея академических классов состоит в том, чтобы школьники могли попробовать себя в работе в реальных лабораториях академических институтов и подготовились к выполнению своих профессиональных задач, в том числе и как будущие химики. Старшеклассники на современном оборудовании проводят первые научные исследования. Лаборатория при этом служит инструментом познания естественно-научных процессов, где владение современными технологиями – один из основных навыков.

Активным участником проекта "Академический класс в московской школе" является Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН. Основная цель научно-просветительской и профориентационной работы с учащимися на базе ИНХС РАН – повышение интереса старшеклассников к научным исследованиям, формирование естественно-научного кругозора, выявление наиболее перспективных с просветительской точки зрения аспектов современной науки, знакомство с профессией ученого, повышение ценности естественно-научной картины мира.

В 2021/22 учебном году программа научно-просветительской и профориентационной работы ИНХС РАН в рамках проекта "Академический класс" включала различные форматы, в том числе:

- интерактивные лекции с подачей материала адаптированным для неспециалистов языком с учетом возрастных особенностей аудитории, в том числе в дистанционном интерактивном формате;
- семинары и практические мастер-классы, в том числе с использованием практик наставничества для последующего курирования проектной деятельности обучающихся;
- экскурсии в лаборатории и подразделения ИНХС РАН.

Следует отдельно отметить, что важным элементом программы ИНХС РАН является практика наставничества,

которая в полной мере позволяет реализовать индивидуальные образовательные траектории обучающихся. Проекты и небольшие исследования, подготовленные школьниками под руководством научных сотрудников ИНХС РАН, участвуют в городских научно-практических конференциях школьников "Наука для жизни", "Потенциал", "Инженеры будущего" и др., где неоднократно становились призерами и победителями. Работа в этом направлении продолжается и в текущем учебном году.

### НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2021/22 учебном году научными сотрудниками ИНХС РАН были проведены 6 семинаров, 5 мастер-классов и 9 лекций для 396 человек, из которых 338 – учащиеся школ проекта "Академический класс" (85,4% общего количества участников), 31 – студенты образовательных организаций, реализующих программы среднего профессионального образования, 13 – педагогические работники государственных образовательных организаций, подведомственных Департаменту образования и науки Москвы. 4 лекции и 5 мастер-классов прошли в очной форме с общим числом участников 161 человек. С использованием дистанционных технологий организовано 5 лекций и 6 семинаров для 235 слушателей (рис.1).

Задачи научно-просветительской программы включали формирование у слушателей теоретической базы знаний и представлений о наиболее перспективных направлениях химии и химической технологии: нефтехимии, мембранных технологиях, физико-химических методах анализа, развитие интереса к различным разделам химической науки, в том числе новым материалам и процессам их создания и исследования (табл.1).

Форматы с использованием дистанционных технологий включали цикл семинаров, который был посвящен рассмотрению важнейших расчетных задач из области общей и физической химии, понимание которых органично допол-

Табл.1. Тематика научно-просветительских мероприятий для учащихся академических классов московских школ на базе ИНХС РАН, 2021/22 учебный год

Формат	Тема
Семинар	Решение задач по теме "Смеси и сплавы" в школьных курсах химии и математики
	Особенности решения задач по кинетике химических реакций и химическому равновесию
	Задачи на поиск теплоты реакции и теплоты образования веществ. Закон Гесса
	Задачи на газовые законы и термодинамику в химии. Графические методы решения
	Особенности решения задач по теме "Промышленный органический синтез". Задачи на полимеры
	Электролиз в школьном курсе химии. Решение задач по электролизу. Закон Фарадея
Лекция	История становления технологии каталитического крекинга
	Узнаем строение вещества при помощи колебательной спектроскопии
	А вам слабо получить бензин из пластика?
	Олефиновый метатезис. История открытия
Онлайн-лекция	Как и зачем искать микропластик в окружающей среде
	Газовая хроматография в космосе
	Современные методы аналитической химии
	Мембраны вокруг нас
	Поверхностные явления и адсорбция
Мастер-класс	Селективные полимеры – материалы для мембран
	Определение состава сложных смесей методом газовой хроматографии
	Селективные детекторы в газовой хроматографии
	Рентгенофлуоресцентный анализ
	Цветопись: представление о методе хроматографии

няет школьные курсы химии, физики и математики, а также полезно при подготовке к конкурсу предпрофессиональных умений по химико-технологическому направлению: для инженеров важно научиться составлять математические описания химико-технологических процессов, владеть методами расчета состава технологических потоков и термодинамических характеристик процесса. Видеозаписи семинаров могут в дальнейшем использоваться как самостоятельный учебно-методический материал для подготовки учащихся, в том числе детей с ограниченными возможностями здоровья: слушатели могут самостоятельно выбрать комфортный темп обучения, формат может быть адаптирован к возможностям обучающегося, например отсутствует необходимость письма от руки, темп записи может быть отрегулирован до комфортной скорости, занятие может быть остановлено в любой момент и разделено на небольшие фрагменты, что облегчает восприятие.

Так же, как и семинары, видеозаписи онлайн-лекций – значимый учебно-методический материал. Электронные лекции являются наиболее комфортной формой организации обучения для слушателей, имеющих определенные проблемы при взаимодействии с ровесниками или преподавателями. Кроме того, использование дистанционного формата расширяет возможности обучения для слушателей, которые по различным причинам не могут этого сделать в очной форме.

Мастер-классы, реализуемые в рамках программы научно-просветительских мероприятий для практического подтверждения теоретического материала методом наблюдений и эксперимента, помогли учащимся выстроить логическую связь между теоретическими знаниями и их реальным применением. Специалистами ИНХС РАН были подготовлены и проведены мастер-классы по следующим темам.

**Цветопись: представление о методе хроматографии**

Участники познакомились с хроматографией и провели разделение пигментов зеленых частей растений методом тонкослойной хроматографии. Эксперимент идейно повторяет первые опыты хроматографии М.С.Цвета, знакомит с терминологией и физическими основами метода. Для визуализации всех пигментов используется хроматографическая камера, снабженная лампой видимой части спектра, а также ультрафиолетовой лампой.

**Селективные полимеры – материалы для мембран**

Использование полимеров в качестве мембранных материалов является перспективным направлением науки и технологии. На мастер-классе слушатели узнали об одном из самых интересных классов мембранных полимеров – высокопроницаемых дизамещенных полиацетиленов.





Рис.2. Экскурсии для школьников в лабораториях института

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА СЛОЖНЫХ СМЕСЕЙ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Газовая хроматография – один из важнейших методов разделения сложных смесей органических веществ. На мастер-классе участники познакомились с принципом работы газового хроматографа и провели определение состава бытового растворителя.

### СЕЛЕКТИВНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Один из наиболее широко используемых методов анализа смесей летучих органических соединений – газовая хроматография. На мастер-классе участники познакомились с возможностями и принципами метода и с особенностями работы селективных детекторов. В практической части мастер-класса участники провели хроматографическое разделение стандартных образцов – раствора дибензотиофена в бензоле с различными концентрациями серосодержащего компонента с использованием неселективного пламенно-ионизационного и селективного пламенно-фотометрического детекторов и сравнили полученные результаты с точки зрения возможностей метода.

### РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

Один из современных спектроскопических методов элементного анализа. С его помощью в образце могут быть найдены различные элементы от F до U, от  $n \times 10^{-3}\%$  до 100% отн. при относительной погрешности 5–8%. На мастер-классе участники познакомились с принципами метода РФА и с вариантом его реализации на примере работы рентгенофлуоресцентного спектрометра Thermo ARL Perform'x Sequential XFR, провели определение состава четырех металлических сплавов и сравнили полученные результаты.

### ЭКСКУРСИИ

Важным компонентом популяризации химии и профориентации учащихся общеобразовательных школ, а также колледжей и техникумов стали проводимые ИНХС РАН экскурсии, которые активно продолжают и в настоящее время (рис.2). В 2021/22 учебном году в институте состоялось более двух десятков экскурсий в различные лаборатории и подразделения. С ноября 2021 по июль 2022 г. в экскурсионной программе приняли участие более 350 человек, главным образом учащиеся школ проекта "Академический класс в московской школе". Экскурсионная программа организована в соответствии с направлениями работы института (табл.2).

### НАПРАВЛЕНИЕ "НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА И НЕФТЕГАЗОХИМИЯ"

Экскурсанты познакомились с основными понятиями нефтехимии, методами получения синтетических углеводородов и моторных топлив, с особенностями глубокой переработки нефти, химическим составом и физико-химическими свойствами нефтей и нефтепродуктов, с особенностями превращений насыщенных углеводородов и их производных, вопросами создания новых энергосберегающих и экологически безопасных процессов переработки углеводородного сырья из нефти и газа, каталитическими процессами.

Помимо знакомства с теоретическими понятиями и основными принципами работы оборудования, школьники смогли провести определение йодного числа бензина титриметрическим методом. Определение йодного числа необходимо для выяснения степени ненасыщенности бензина, что в свою очередь непосредственно связано с товарными качествами получаемого продукта. Сущность метода заключается в обработке испытуемого нефтепродукта спиртовым раствором йода с последующим титрованием свободного йода раствором тиосульфата натрия. Йодное число представляет собой число граммов йода, присоединяющегося к 100 г нефтепро-

Табл.2. Тематика экскурсионной программы ИНХС РАН для учащихся академических классов московских школ и студентов учреждений СПО, 2021/22 учебный год

Тема	Содержание
Группа хроматографии	Газовая хроматография – один из наиболее важных современных аналитических методов для контроля состава сложных смесей
Отдел мембран и мембранных технологий	Процессы создания материалов и мембран для газо- и пароразделения, первапорации, нанофильтрации органических (неводных) сред, мембранных (био) реакторов, мембранного катализа, каталитических мембранных контакторов/ реакторов и мембранной газовой абсорбции при повышенных давлениях, вопросы мембранного материаловедения, особенности создания и применения селективно проницаемых полимерных материалов
Отдел нефтепереработки и нефтегазохимии	Основные понятия нефтехимии, методы получения синтетических углеводородов и моторных топлив, особенности глубокой переработки нефти, химический состав и физико-химические свойства нефтей и нефтепродуктов, особенности превращений насыщенных углеводородов и их производных, вопросы создания новых энергосберегающих и экологически безопасных процессов переработки углеводородного сырья из нефти и газа
Отдел физико-химических исследований	Современные физико-химические исследования, особенности изучения состава и структуры продуктов нефтехимического синтеза, каталитических систем и высокомолекулярных соединений, определение качественного и количественного состава сложных смесей органических соединений, вопросы контроля качества реагентов и материалов, нефти и нефтепродуктов, основные принципы хроматографии, масс-спектрометрии, ИК- и ЯМР-спектроскопии
Центр коллективного пользования	Исследования в области химии нефти, глубокой переработки углеводородного и возобновляемого сырья, развитие представлений о химии нефти, исследование состава и строения компонентов отдельных фракций нефти и нефтепродуктов, продуктов конверсии полимеров и биомассы. Оборудование ЦПК

дукта. Массовую долю непредельных углеводородов определяют по йодному числу и средней молекулярной массе испытуемого нефтепродукта. Подробно методика определения йодных чисел нефтепродуктов описана в ГОСТ 2070-82.

В ходе экскурсии в лабораторных условиях был продемонстрирован процесс перегонки нефти с получением четырех фракций, в том числе прямогонного бензина, для которого также было получено значение йодного числа.

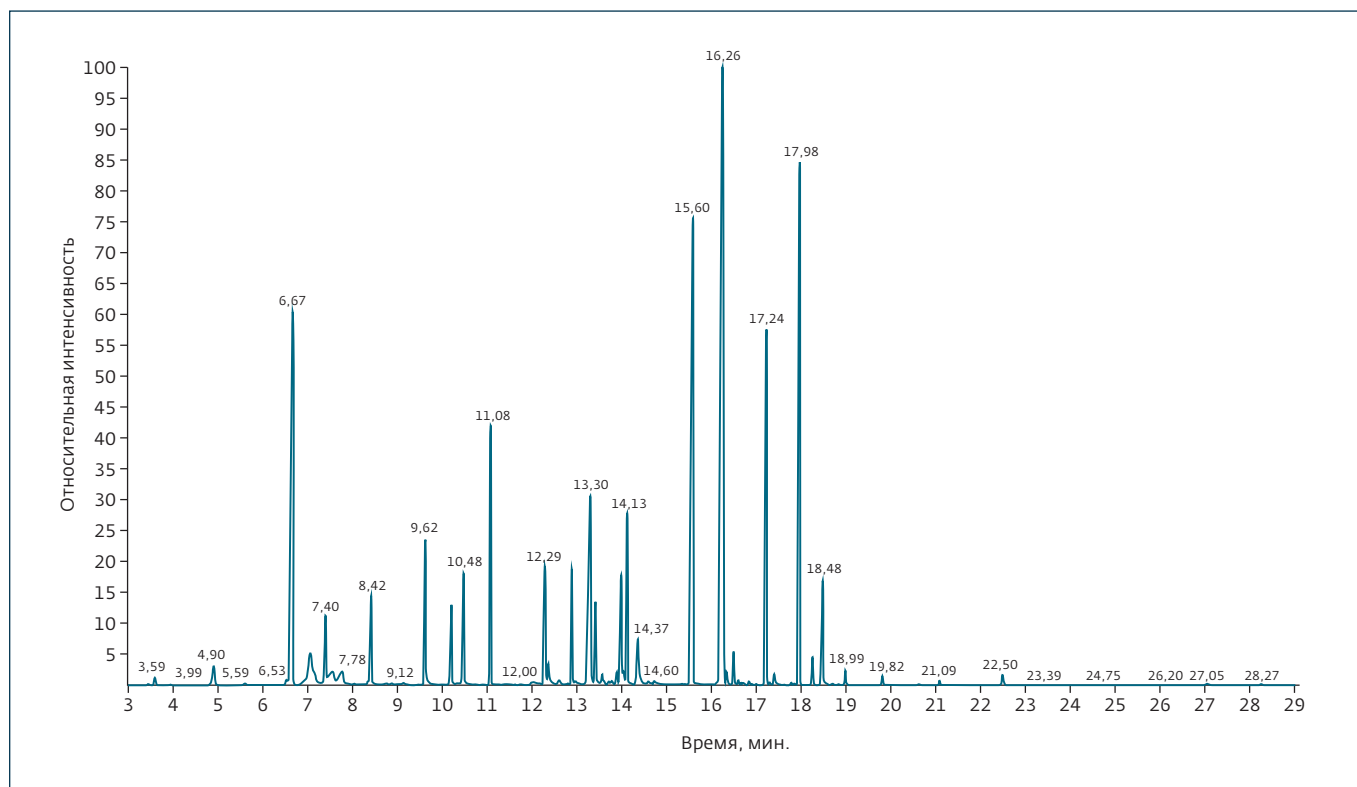
**Направление "Физико-химические исследования"**

В ходе экскурсии школьники узнали о современных физико-химических исследованиях, особенностях изучения состава и структуры продуктов нефтехимического синтеза, каталитических систем и высокомолекулярных соединений, определении качественного и количественно состава сложных смесей органических соединений, вопросах контроля качества реагентов и материалов, нефти и нефтепродуктов, основных прин-

ципах хроматографии, масс-спектрометрии, ИК- и ЯМР-спектроскопии.

Экскурсанты смогли не только познакомиться с современным аналитическим оборудованием и принципами его работы, но и провести небольшие эксперименты в рамках реализации интерактивного компонента экскурсий. Был проведен экспресс-анализ компонентного состава духов с использованием ГХ/МС (рис.3). Газовая хроматография – метод разделения сложных смесей летучих органических соединений, основанный на различии во взаимодействиях компонентов смеси с неподвижной фазой, находящейся внутри хроматографической колонки. Одним из наиболее информативных методов является использование при этом масс-спектрального детектирования, что позволяет предположить качественный состав смеси, что и было сделано в рамках экскурсии.

Участники экскурсий на практике познакомились с методом спектроскопии комбинационного рассеяния, или рамановской спектроскопии, который позволяет полу-



**Рис.3.** Хроматограмма духов. Обнаружено 22 компонента, из них 21 – формирующие аромат, а также растворитель – эфир фталевой кислоты. Время выполнения эксперимента: 20 минут

чить структурные "отпечатки пальцев" молекулы для их точной идентификации. Участники смогли зарегистрировать КР-спектры полимерных пленок, получаемых в ИНХС РАН, и других объектов. Например, был получен спектр красителей на упаковке жевательной резинки. В центре коллективного пользования ИНХС РАН в интерактивной части экскурсанты смогли провести определение состава бытового растворителя с использованием газохроматографического оборудования ЦКП, а также увидеть работу рентгенофлуоресцентного спектрометра, который позволяет проводить качественный и количественный элементный нестандартный анализ. Было проведено определение состава нескольких сплавов (собственные образцы или образцы участников, например монеты и другие небольшие образцы, в зависимости от наличия).

#### Направление "Мембраны и мембранные технологии"

Школьники познакомились с процессами создания материалов и мембран для газо- и пароразделения, первапорации, нанофильтрации, мембранных реакторов, мембранного катализа, каталитических мембранных контакторов/реакторов и мембранной газовой абсорбции при повышенных давлениях, с вопросами мембранного материаловедения, особенностями создания и применения селективно проницаемых полимерных материалов.

Сотрудники лаборатории полимерных мембран показали участникам экскурсии процесс вытяжки полых полимерных волокон. Небольшой образец полученного волокна гости смогли забрать после экскурсии с собой.

Сотрудничество общеобразовательных организаций, вузов и научных институтов позволяет построить прочный фундамент, на котором основано воспитание будущих ученых в естественно-научной области. Успешный опыт работы ИНХС РАН в проекте "Академический класс в московской школе" показал заинтересованность и вовлеченность учащихся, а высокая конкурсная оценка на школьных научно-практических конференциях их работ, выполненных под руководством наставников – ученых ИНХС РАН, подтверждает безусловную эффективность данного образовательного формата. Работы в этом направлении несомненно должны быть продолжены.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шеманаева М.А. О трактовках термина "индивидуальная образовательная траектория" // Концепт. 2017. № S12. <http://e-koncept.ru/2017/470154.htm>
2. Коновалова Е.И. Элективный курс как фактор реализации индивидуальной образовательной траектории школьников // Вестник БГУ. 2013. № 15. С. 130–133.
3. <https://profil.mos.ru/ntek.html>