



ИННОВАЦИОННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ СЕРИИ**  
**(создан приказом ректора МГУ им. М.В. Ломоносова**  
**№ 698 от 25 сентября 2007 г.)**

*Председатель совета:* **Садовничий В.А.**, академик РАН, ректор МГУ имени М.В. Ломоносова

*Зам. Председателя совета:* **Салецкий А.М.**, профессор, директор дирекции инновационных проектов 2006–2007 гг. МГУ имени М.В. Ломоносова

*Члены совета:*

*Антипенко Э.Е.*, профессор, проректор МГУ;

*Вржещ П.В.*, профессор, проректор МГУ;

*Семин Н.В.*, проректор МГУ;

*Зинченко Ю.П.*, профессор, декан факультета психологии МГУ;

*Касимов Н.С.*, чл.-корр. РАН, декан географического факультета МГУ;

*Кирпичников М.П.*, академик РАН, декан биологического факультета МГУ;

*Колесов В.П.*, профессор, декан экономического факультета МГУ;

*Лунин В.В.*, академик РАН, декан химического факультета МГУ;

*Мионов В.В.*, профессор, проректор МГУ;

*Михалев А.В.*, профессор, проректор МГУ;

*Моисеев Е.И.*, академик РАН, декан факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ;

*Пуцаровский Д.Ю.*, чл.-корр. РАН, декан геологического факультета МГУ;

*Ткачук В.А.*, академик РАМН, декан факультета фундаментальной медицины МГУ;

*Третьяков Ю.Д.*, академик РАН, декан факультета наук о материалах МГУ;

*Трухин В.И.*, профессор, декан физического факультета МГУ

Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Серия «Инновационный Университет»

**ИННОВАЦИОННЫЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ  
В ОБЛАСТИ ХИМИИ:  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Под редакцией академика РАН *В.В. Лунина*



Издательство Московского университета

2007

УДК 378.1; 54:372.8  
ББК 74.58; 24  
И66

Серия «Инновационный Университет»

**Инновационные образовательные программы в области химии: Химический факультет** / Под ред. академика РАН В.В. Лунина. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 200 с.

ISBN 978-5-211-05473-8

Аналитический обзор выполнен в рамках реализации национального проекта «Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова» (2006–2007 гг.).

Сборник аналитических и методических материалов, посвященных реализации проекта «Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова» на химическом факультете МГУ. Представлены статьи ведущих ученых и преподавателей факультета, отражающие работу по совершенствованию среднего химического образования, организации и проведению школьных химических олимпиад всех уровней, созданию инновационных магистерских программ, внедрению компьютерных технологий в химическое образование, взаимодействию с представителями крупного и среднего бизнеса в трудоустройстве выпускников и создании совместных учебных программ и курсов.

*Серия издается по решению Редакционного совета  
Издательства Московского университета*

ISBN 978-5-211-05473-8 © Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лунин В.В.</i> Национальный проект «Образование» на химическом факультете МГУ .....	7
--	---

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Лисичкин Г.В.</i> Научно-методические задачи современного школьного химического образования .....	15
<i>Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Рыжова О.Н.</i> О реформировании химического образования в России .....	24
<i>Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н., Демидова Е.Д.</i> О различных формах зачисления абитуриентов в химические ВУЗы .....	35
<i>Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Теренин В.И.</i> Методологический анализ конкурсных заданий по химии на вступительных экзаменах в МГУ .....	44
<i>Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Макаров Ю.Н., Рыжова О.Н., Чирский В.Г.</i> Роль математики в фундаментальном химическом образовании .....	52

### ОЛИМПЕЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

<i>Гладилин А.К.</i> Общие черты и различия в современных химических олимпиадах высшего уровня .....	67
<i>Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А.</i> Инновационная деятельность в сфере общего образования в рамках всероссийской олимпиады школьников по химии .....	83
<i>Лунин В.В., Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е.</i> Международные менделеевские олимпиады школьников по химии .....	100
<i>Еремин В.В.</i> Итоги международной химической олимпиады школьников 2007 года в Москве .....	111

<i>Шеховцова Т.Н., Осипова Е.А., Шаповалова Е.Н., Шпигун О.А., Попик М.В.</i> Инновационная образовательная магистерская программа «Современные методы химического анализа» .....	147
<i>Покровский Б.И., Миняйлов В.В.</i> Компьютерные технологии и дистанционное обучение в химическом образовании .....	171
<i>Якубович Е.В.</i> Химический факультет – партнерство с представителями бизнеса .....	186

Декан Химического факультета МГУ им М.В. Ломоносова,  
профессор, академик РАН *В.В. Лунин*

## **НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ» НА ХИМИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ МГУ**

Участие в проекте «Формирование системы инновационного образования в МГУ им. М.В. Ломоносова» в рамках Национального приоритетного проекта «Образование» сопряжено для химического факультета с огромной ответственностью.

Во-первых, развитие химии в современном обществе часто воспринимается неоднозначно. Общеизвестно, что она является одной из главных основ нашей промышленной цивилизации, но ее новые достижения часто вызывают необоснованные и надуманные опасения. Пропаганда химических знаний, а именно, химическое образование, замена бытового восприятия химии на научное, необходима для успешного развития химии и в научном, и в прикладном аспектах.

Во-вторых, химический факультет МГУ является признанным лидером фундаментального химического образования в России, как благодаря своему научному коллективу, который включает 20 действительных членов и членов-корреспондентов РАН, множество лауреатов российских и международных премий в области науки и образования, и ведет научную работу на переднем крае всех областей современной химии, так и благодаря уникальному парку научных приборов. В таком положении факультет просто не может работать только «на себя». Лучшие его достижения должны быть доступны всем российским вузам, и классическим университетам, и институтам химического профиля.

В-третьих, своим главным достоянием факультет считает студентов. Мы понимаем, что годы, которые они проведут на факультете, станут для них периодом решающего перехода от школы к взрослой и самостоятельной жизни. И поэтому нам глубоко небезразлично и то, как формируются ряды наших абитуриентов, и то, кем впоследствии станут наши выпускники. Отсюда – та огромная работа, которую факультетом проводит в помощь школьной химии, для обеспечения доступности университетского хи-

мического образования, для поиска одаренных школьников, для трудоустройства выпускников.

И хотя свою миссию химический факультет осознавал и осуществлял с самого начала своего создания (а нам совсем недавно исполнилось 75), участие в Национальном приоритетном проекте стало для нас новым импульсом, дало нам целый ряд новых инновационных возможностей.

Внедрение образовательных программ нового поколения требует применения новых технических средств обучения. В России формируется настоящий рынок образовательных услуг, для успеха в котором нужна активная информационная и техническая поддержка. В рамках проекта на химическом факультете в конце прошлого года был создан информационно-образовательный Центр, призванный сконцентрировать материальную базу и обеспечить эффективное взаимодействие специалистов в области масс-медиа, современных информационно-телекоммуникационных технологий и преподавателей-химиков. О внедрении в химическое образование компьютерных и дистанционных методов рассказывает статья Б. И. Покровского и В. В. Миняйлова.

Аналитика – одна из самых востребованных на рынке труда химических специальностей. Контроль качества и безопасности промышленных производств, нефтехимия, экология, фармацевтика, криминалистика, тонкий органический синтез без квалифицированного химического анализа немислимы. Кафедра аналитической химии факультета, возглавляемая профессором, академиком РАН Ю. А. Золотовым, является признанным лидером как в подготовке специалистов-аналитиков, так и в научных разработках в своей области. Достаточно упомянуть книгу коллектива преподавателей кафедры «Основы аналитической химии». Изданная в серии «Классический университетский учебник», она стала действительно классической для большинства профильных вузов России. Но аналитическая химия – не только интереснейшая фундаментальная наука, но и тончайшие приборы и аналитические методики – научные разработки, переведенные на «язык» химических операций и функций прибора. Аналитический центр Химического факультета под руководством члена-корреспондента РАН, профессора О.А. Шпигуна, обладает уникальной приборной базой и огромным опытом создания инновационных



методик прикладного анализа, востребованным и крупными государственными структурами (РосАвиаКосмос, РосАтом), и частными компаниями. Объединение фундаментальной науки и прикладных разработок для подготовки элитных специалистов – основная идея, заложенная в создание магистерской программы «Современные методы химического анализа» (см. статью профессора Т.Н. Шеховцовой с коллегами). Ее внедрение предусматривает дальнейшее совершенствование и более активное использование в учебном процессе базы аналитического оборудования, вовлечение студентов в реальные прикладные разработки для заказчиков, создание курсов дополнительного образования и тренингов химиков-аналитиков.

А как быть тем российским вузам, которые не обладают материальными и финансовыми ресурсами для создания приборной базы, необходимой для подготовки химиков-аналитиков современного уровня? В рамках Национального проекта Аналитический центр Химического факультета создают интегрированный образовательный продукт – программу «под ключ» под названием «Прикладной химический анализ», оснащенную самой необходимой приборной базой, методическим обеспечением, системами подготовки кадров и сервисного обслуживания. Она позволит вузам наладить подготовку химиков-аналитиков, обеспечить потребности рынка труда в кадрах самой высокой квалификации. Важно, что разработка учебно-методических комплексов – удешевленных аналитических приборов, специально адаптированных для решения задач образовательного профиля – ведется совместно с крупнейшими отечественными производителями наукоемкой продукции – НПФК «Аквилон», НПО «Спектрон», ООО «Кортэк» и др.

Программы в области аналитической химии – пример качественного скачка в одной из старейших отраслей химии и химического образования. Но факультет стремится интегрировать в учебный процесс и самые современные тенденции в химии. Уже упоминалось, что многие аспекты современной химии, особенно промышленной, вызывают на бытовом уровне некоторые опасения. Потенциально опасные последствия бурного роста химической промышленности тревожат и ученых. Менее двадцати лет назад в химической науке возникло новое направление – «зеле-

ная» химия, которое положило начало не только новым тенденциям в прикладной химии, но и новой химической философии. Говоря кратко, «зеленая» химия в своем лучшем воплощении – это почти искусство, позволяющее не просто синтезировать нужное вещество, но в идеале получить его таким путем, который не нанесет вреда окружающей среде ни на одной из стадий производства. Как любое отточенное движение требует меньшего количества сил, так и использование методов «зеленой» химии приводит к снижению затрат на производство, хотя бы уже потому, что не требует уничтожения и переработки вредных побочных продуктов, отработанных растворителей и прочих отходов, поскольку их просто не образуется. Сокращение числа стадий ведет к экономии энергии, что тоже положительно сказывается на экологической и экономической оценке производства.

Без преувеличения можно сказать, что «зеленая» химия – вклад химической науки в глобальную концепцию устойчивого развития, позволяющего удовлетворять потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Нет сомнений, что уже в недалеком будущем концепции «зеленой» химии будут определять развитие химической промышленности и науки. И к этому надо быть готовым – растить хороших специалистов с особым химическим мышлением уже сейчас, в период, объявленный Генеральной Ассамблеей ООН десятилетием образования устойчивого развития (резолюция 57/254 от 2002 г.). Эта задача далеко не проста – мало следовать 12 принципам «зеленой» химии, нужно иметь глубокое понимание и самой химии, и экологии, и экономики, обладать неординарным химическим мышлением и интуицией, не быть «зашоренным» в рамках общепринятых химических представлений.

Для этой цели в 2006 г. под эгидой Национального проекта на базе лаборатории катализа и газовой электрохимии создан учебно-научный Центр «Химия в интересах устойчивого развития». Его главная задача – образовательная деятельность, а именно, подготовка магистерской программы «Химия в интересах устойчивого развития – Зеленая химия», лекций и курсов повышения квалификации для школьных учителей и школьников, проведение специальных семинаров и экспресс-курсов ведущих рос-

сийских и зарубежных ученых, осуществление стажировок сотрудников и обучающихся в российских и зарубежных научных и образовательных центрах. За короткое время Центр стал признанным лидером «зеленой» химии в нашей стране, представив ее на 1-ой Международной конференции по «зеленой» химии – химии в интересах устойчивого развития в Дрездене, Школе-конференции молодых ученых «Новые органические реакции и методологии зеленой химии» в Лечче, Италия, где сотрудник Центра Станислав Качевский завоевал специальный приз за лучшее сообщение, 1-ой Международной конференции и выставке «Зеленая промышленность» в Бахрейне, организовав Симпозиум-конференцию «Химия, человек и окружающая среда» и Международный симпозиум «Зеленая химия, устойчивое развитие и социальная ответственность химиков» в рамках XVIII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Международным признанием работы Центра стало решение о проведении 2-ой Международной конференции по «зеленой» химии в сентябре 2008 г. в России. Работа Центра заслуживает отдельного разговора и мы планируем посвятить ей и проблемам «зеленой» химии отдельный сборник этой серии.

Я уже указывал, насколько важны для факультета задачи подготовки и отбора талантливых абитуриентов. В условиях реформ среднего образования, решения, которые могут серьезно затронуть особенно уязвимые естественно-научные предметы, должны быть предметом глубокого и всестороннего анализа. Результаты непрерывной аналитической работы представлены в недавно изданных на средства Национального проекта сборниках «Современные тенденции развития химического образования: работа с одаренными школьниками» и «Chemical Education in Russia: Problems and Perspectives». Та же тема звучит и в статьях раздела «Взаимодействие средней и высшей школы в области химического образования» настоящего сборника. Возросла активность факультета и в работе с потенциальными партнерами из сферы реальной экономики. Нам удалось вновь наладить участие в профильных выставках, а также в таких мероприятиях, как круглые столы «Университетское образование для науки и производства» в штаб-квартире компании Bayer Material Science с привлечением известных ученых-химиков и руководителей

крупных компаний и благотворительных фондов и «Центр Профессионального Образования и Карьеры» в рамках выставки «Химия-2007», за что факультет награжден почетным дипломом. Опыт работы факультета с партнерами из сферы бизнеса суммирует в своей статье Е. В. Якубович.

Вклад факультета в Национальный проект «Образование» этим не исчерпывается. В качестве самостоятельных крупных составляющих в проекта МГУ вошли направления, реализуемые на кафедре химической технологии и новых материалов химического факультета под руководством профессора В. В. Авдеева и на факультете наук о материалах с активным участием сотрудников кафедры неорганической химии химического факультета, возглавляемой профессором, академиком РАН Ю. Д. Третьяковым.

Отдельного рассказа заслуживает проведенная этим летом на базе факультета 39-ой Международной химической олимпиады школьников, некоторые результаты которой обсуждаются в статье профессора В. В. Еремина «Итоги Международной Химической Олимпиады школьников 2007 года в Москве». Естественно, что это мероприятие стало неотъемлемой частью работы в рамках Национального приоритетного проекта: успех любой образовательной программы в конечном итоге определяется качеством и интересом обучаемых. На протяжении многих лет химический факультет ведет огромную работу по поиску талантливых школьников, интересующихся химией и смежными науками, поддерживая всю систему школьного олимпийского движения по химии в России (см. материалы раздела «Олимпийское химическое движение» настоящего сборника), и решение о проведении в Международной олимпиады в Москве (уже в третий раз за всю историю), принятое в середине 2006 г. на предыдущей олимпиаде в Корее, стало признанием как этой работы, так и высочайшего уровня химического образования в МГУ.

Московская олимпиада стала самой представительной за всю историю химических олимпиад: 68 стран делегировали на нее 256 своих представителей. Церемония ее официального открытия состоялась на площади около нового здания Интеллектуального центра – Фундаментальной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова 16 июля 2007 г. В ней приняли участие заместитель Министра образования и науки РФ В.Н. Фридлянов, ректор МГУ

В.А. Садовничий, члены организационного комитета, а также представители спонсоров и дипломатического корпуса. Торжественное шествие команд с флагами завершилось концертом и зажжением олимпийского огня.

Олимпиада включала экспериментальный и теоретический туры. Задания, разработанные научным комитетом, как было позже отмечено участниками олимпиады и их тренерами, по сложности и оригинальности не имели себе равных. Задачи теоретического тура были посвящены наиболее активно развивающимся в настоящее время направлениям химической науки и отражали вклад российских ученых в ее развитие. Они включали вопросы о туннелировании протона в пропандиале, катализа наночастицами, теории автокаталитических реакций, титровании воды по Фишеру, о силикатах как основе земной коры, о лечении атеросклероза и интермедиатах биосинтеза холестерина, о радикальной полимеризации с переносом атома, а также органические «прятки» – вопрос, связанный с определением состава смеси органических веществ. Не менее интересными были и задания экспериментального тура.

Два дня заняла работа, а в свободные дни участники олимпиады посетили множество интересных мест столицы России: они побывали на теплоходной прогулке по каналу Москва-Волга, съездили в Сергиев Посад, где расположен один из самых известных монастырей России – Троице-Сергиева Лавра, посетили Московский зоопарк, цирк. Все эти поездки дали ребятам возможность подружиться и узнать много нового о России.

В заседаниях жюри принял участие Председатель оргкомитета олимпиады, Министр образования и науки РФ А.А. Фурсенко. Он также встретился с руководителями команд и спонсорами. В своем приветствии Министр отметил, что проведение Международных олимпиад имеет большое значение для системы нашего образования, поскольку такие выдающиеся события служат продвижению научных знаний в России и во всем мире, а также позволяют талантливым ученикам проверить себя на самом высоком уровне.

Итоги 39-ой Международной химической олимпиады были подведены на торжественной церемонии, состоявшемся в актовом зале главного здания МГУ. В присутствии первого вице-

премьера правительства РФ Д.А. Медведева, ректора МГУ академика В.А. Садовниченко и массы почетных гостей (представителей спонсоров, дипломатических миссий стран-участниц, прессы и т.д.) всем участникам вручены почетные дипломы. Главными наградами стали 31 золотая, 56 серебряных и 71 бронзовая медали. Отличные результаты показали команды Китая, России и Польши: все участники из этих стран получили золотые медали, а также команда Кореи: трое из ее членов получили золотые, и один – серебряную медаль. Золотые медали получили также представители Германии, Франции, Вьетнама, Индии, Литвы, Тайваня, Таиланда, Турции, Словакии, Венгрии, Канады и Ирана. В личном рейтинге среди золотых медалистов первые два места заняли Лей Чу и Юань Фанг (КНР), а третье и четвертое – россияне Леонид Ромашов и Василий Воробьев.

Государство на этой олимпиаде продемонстрировало, что сегодня образование действительно становится приоритетным направлением развития общества. На закрытии олимпиады дважды выступил Первый Вице-премьер Правительства РФ Дмитрий Медведев. Он отдельно встретился с участниками Российской команды и пожелал им счастливого будущего в науке. Как показывает опыт факультета, победителей МХО действительно ждет яркое будущее. Многие из них поступают в Московский университет, а затем и сами становятся участниками олимпийского движения в качестве тренеров, составителей задач, членов оргкомитета.

Мероприятия такого масштаба имеют огромное значение и для укрепления престижа российского университетского образования, и для объективной оценки его сегодняшнего уровня. Но не менее важна и та каждодневная рутинная работа, которую на благо химического образования ежедневно ведут преподаватели и сотрудники факультета. Их труд и энтузиазм являются гарантией того, что новые начинания факультета в рамках Национального приоритетного проекта «Образование» получат дальнейшее развитие.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СРЕДНЕЙ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

---

Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
*Г.В. Лисичкин*

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО ШКОЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Развитием методики преподавания химии в нашей стране занимается не менее полутора десятков научных групп, работающих в педагогических и химических вузах, институтах Академии образования. В эту деятельность вовлечены учителя-энтузиасты, которые на практике совершенствуют учебный процесс. О результативности методических исследований свидетельствует успешная защита значительного числа кандидатских диссертаций по специальности 13.00.02 (химия). Ежегодно защищается одна-две докторских диссертации по этой специальности.

Безусловно, можно спорить об актуальности и эффективности ряда выполненных методических исследований: встречаются работы, гипотезы которых очевидны и, по сути дела, гипотезами не являются,стораживает постоянная и неизменная успешность педагогических экспериментов, чего никогда не бывает в естествознании, огорчает надуманность тематики некоторых кандидатских и докторских диссертаций. Однако комплексный анализ массива выполненных за последние 10–15 лет работ представляет собой самостоятельную задачу, которая не является целью этой статьи. Заметим только, что имеется целая группа важных, на наш взгляд, проблем, которые оказались вне поля зрения отечественных методистов.

1. *Terra Incognita* для нашей методической науки оказалась проблема остаточных знаний у основного контингента выпускников средней школы – выпускников, не изучающих в дальнейшем химию, не получающих после окончания школы естествен-

нонаучного, инженерного или медицинского образования, через 2–3 года или через 5–10 лет после ее окончания [1]. Ясно, что задача школьного образования как раз и состоит в формировании массива остаточных знаний. Этот массив должен «действовать» достаточно долго, желательно всю активную жизнь индивидуума.

Каков же действительный уровень остаточных знаний? Как он изменяется во времени? Какие сведения из школьного курса химии «исчезают» в первую очередь, а какие закрепляются в памяти наиболее прочно? На сколько востребованы полученные в школе знания? Как связаны остаточные знания с химическим аспектом реальной деятельности индивидуума? И наиболее важный вопрос: к какому содержанию и объему остаточных знаний надо стремиться?

На перечисленные, а также на многие другие существенные вопросы нетрудно получить вполне адекватные ответы, если провести социологическое исследование представительных групп респондентов. Составление грамотной анкеты, разработка методики самого исследования и обработка его результатов, разумеется, должны быть проведены совместно с социологами, что требует определенных организационных усилий со стороны методистов. Однако актуальность результатов без сомнения окупит затраченные усилия, поскольку полученный материал послужит базой для научно-обоснованной коррекции программы по предмету. Следует иметь в виду, что ведущая роль в упомянутом исследовании должна принадлежать именно методистам, а не социологам, задача которых сводится лишь к консультациям.

В перспективе эта работа может быть распространена на выпускников школы, изучавших далее химию, но как дополнительную дисциплину, например на врачей. Результаты, полученные в таком исследовании, могли бы быть полезны для обоснования содержания профильного среднего образования.

Понятно, что выявление и анализ объема остаточных знаний у рядовых выпускников школы интересно провести по всем основным школьным предметам, а не только по химии. Проблема эта важна потому, что программы средней школы и содержание учебников должны быть ориентированы именно на укрепление и совершенствование содержания остаточных знаний.



2. Вплотную к предыдущей примыкает проблема разработки научно-обоснованного метода отбора содержания базового минимума знаний. Этой проблеме и вопросу об остаточных знаниях посвящена статья [2].

3. Методистами не исследована связь между школьной химией и блоком химических (а также экологических) понятий и терминов, употребляемых в средствах массовой информации (СМИ). А это важно, так как и школьники и выпускники школы постоянно получают связанную с химией информацию извне и, зачастую, оказываются не в состоянии адекватно на нее реагировать. На первом этапе такого исследования было бы интересно составить тезаурус химических терминов и понятий, появляющихся в газетах, теле- и радиопередачах, на нехимических сайтах Интернета. На втором этапе надо изучить частоту появления конкретных химических терминов, составить своего рода частотный словарь. Результат такого исследования трудно предсказать заранее, но, по-видимому, наиболее часто употребляемые в СМИ термины должны найти отражение в школьной программе.

Такая же проблема существует и в отношении бытовой химии, средств химизации, ядохимикатов, топлива, энергетики и т.д. Полезно было бы составить тезаурус химических терминов, часто употребляемых в быту, например, в таких областях, как эксплуатация автомобиля, строительство и ремонт, синтетические ткани и материалы, бытовая химия – крашение, выведение пятен, чистящие средства.

**Конечная задача подобных методических исследований – написание учебника химии нового поколения, который бы давал систематические знания, как лучшие отечественные учебники, но при этом был насыщен ситуациями и примерами, взятыми из реальной жизни, как это сделано в американской книге [3]. Это противоречие пока не разрешено.**

4. Проведение Единого Государственного Экзамена (ЕГЭ), упорно насаждаемого административными органами, не было предварительно обосновано методически. Вызывает глубокие сомнения сама возможность его организации по химии в том формате, каком он проводится сейчас. Химия, в отличие от математики, – наука естественная, но не точная. Поэтому разработка большого количества однородных по сложности, форме и тема-

тике тестовых заданий по химии, что требуется для ЕГЭ в нынешней его форме, представляется нереалистичной.

Вместе с тем практический опыт проведения ЕГЭ уже показал, что, несмотря на недостатки, с его помощью можно получить большой объем сведений, демонстрирующий состояние преподавания химии в каждом регионе, более того, можно получить данные о восприятии школьниками данного региона различных конкретных разделов курса. Эта возможность пока не использована.

И, по-видимому, наиболее важной задачей является выяснение вопроса об эффективности ЕГЭ. Необходимо исследовать, насколько успешны студенты, принятые в вузы по результатам ЕГЭ. Необходимо статистически достоверное сравнение их со студентами, принятыми по традиционной системе отбора.

5. Абсолютно в стороне оказались методисты от проблем конкурсного отбора выпускников средней школы в вузы, не разработаны методические основы составления конкурсных задач для вступительных экзаменов в вузы. А вместе с тем эта проблема заслуживает пристального внимания. Достаточно взглянуть на комплекты заданий, которые предлагают абитуриентам приемные комиссии ряда ведущих университетов и медицинских вузов. Здесь, конечно, имеются объективные трудности: приемные комиссии вузов независимы и не обязаны прислушиваться к кому бы то ни было. Однако само по себе наличие хорошо разработанных и научно-обоснованных рекомендаций делает менее вероятными грубые методические ошибки.

6. Крайне мало работ, посвященных научно-методическим основам отбора материала для регионального компонента школьной программы по химии (см., например, [4]). Необходимо создать алгоритмы для составления программ регионального компонента школьной программы, как минимум, для двух случаев: регион с развитой химической (или смежными отраслями) промышленностью и «нехимический» регион.

Проблема содержания регионального образования еще далеко не решена. На данный момент нет федеральной программы внедрения регионального компонента, как нет и единого понимания и подхода к определению самого понятия «национально-региональный компонент» и «региональная образовательная система». Многими учеными, педагогами, чиновниками разного

уровня эти понятия рассматриваются самым различным образом. В силу этого процесс регионализации содержания образования протекает стихийно, а это не может не привести к различным негативным процессам.

Отсутствуют теоретические обоснования подходов к формированию конкретных предметных программ регионального компонента. Слабо изучены основные принципы и критерии отбора учебного материала для подобных программ. Не предложено обоснованных способов и путей интегрирования региональных и федеральных учебных курсов. Отсутствуют исследования специфических особенностей методики преподавания регионоведческих курсов. Практически неизученным остается вопрос о реализации межпредметных связей в региональном компоненте и создание на его основе единого интегрированного курса. Также не разработаны критерии эффективности внедрения региональных программ и степени их усвоения учащимися. Полезность подобных программ зачастую утверждается априорно. Кроме того, помимо рассмотренных выше теоретических упущений ощущается нехватка и в материалах практического, прикладного характера. Лишь кое-где созданы учебные программы регионального компонента по химии. Практически нет учебных пособий, созданных специально под программы регионального компонента; недостаточно разработок уроков, заданий, упражнений, задач с химико-краеведческой направленностью.

7. В последние годы все интенсивнее развивается компьютеризация химического образования и на рынке появляется множество самых различных компьютеризованных пособий по химии. Значительная часть их не выдерживает критики. Компьютерное средство обучения может быть действительно эффективным только в том случае, когда авторский коллектив включает тесно взаимодействующих химиков, методистов и программистов. В этом смысле создать машинное пособие труднее, чем бумажное.

Заметим, что отличие компьютера от других экранных пособий (учебные кино-, видео и диафильмы) только в интерактивности. Разработка методики эффективного ее использования – и есть основная методическая задача. Необходимо разработать оптимальные схемы использования компьютерных средств обучения химии, помня, что компьютер – лишь дополнение учителя. Методика этого дополнения и должна изучаться.

Компьютер позволяет продемонстрировать практически любые учебные химические опыты. Но остается принципиальный вопрос: каково соотношение между виртуальным и реальным химическим экспериментом? Можно ли заменить второй первым? Можно ли развить «чувство вещества», используя виртуальные эксперименты?

8. Проблемы научно-методического обеспечения химических олимпиад. Уже более 40 лет действует государственная система предметных олимпиад. Однако проблемы методически обоснованного составления комплектов заданий для олимпиад различных этапов (от школьного до республиканского) не решены (редкое исключение работа [5]).

Отсутствуют методические рекомендации по оптимальным способам организации и проведения экспериментального тура. Не обеспечена в методическом отношении система оценки работ, методика решения олимпиадных задач, и т.п. Методика подготовки учащихся к химическим олимпиадам высших этапов отдана на откуп аспирантам-химикам, преподавателям вузов (как правило, совсем молодым) и даже студентам.

Такое положение имеет вполне объективные причины. Разработка олимпиадных заданий и само проведение химических олимпиад требуют глубокого знания предмета, особенно для высших этапов, тогда как основная масса методистов не имеет серьезного химического образования и, тем более, опыта научной работы в области химии, который совершенно необходим для рассматриваемых целей. Поэтому методисты оказались в стороне от олимпиадного движения и методические вопросы решаются химиками «по наитию». Зачастую это приводит к затруднениям и даже казусам.

В последнее время начала активно обсуждаться идея организации химических олимпиад в сети Интернет. Совершенно ясно, что эта идея будет реализована и произойдет это в ближайшие годы. Сетевые олимпиады будут иметь свою собственную специфику и разработка методики их проведения является актуальной задачей методической науки.

Но, пожалуй, главная проблема, связанная с системой предметных, в том числе химических, олимпиад, заключается в отсутствии достоверных статистически значимых сведений о даль-

нейшей научной судьбе призеров, победителей и участников олимпиад. Спрашивается, велика ли корреляция между успехами старшеклассников на предметной олимпиаде и успешностью их последующей научной карьеры? Единичные наблюдения показывают, что дело здесь не просто: зачастую первые призеры химических олимпиад в дальнейшем сильно отстают от рядовых их участников. Одна из возможных причин этого – деформация личностных характеристик первых призеров [6].

Не следует забывать, что для победы в предметных олимпиадах, в особенности высших этапов, их участники должны обладать способностью к быстрой концентрации внимания, высокой скоростью мыслительных процессов, способностью к сильному, но кратковременному умственному напряжению. По существу, предметные олимпиады – это своеобразный вид спорта, в котором побеждают спринтеры. Стайеры – флегматики и тугодумы – имеют низкие шансы стать победителями. Вместе с тем, для эффективной научной работы спринтерский стиль вовсе не обязателен.

Затронутые выше вопросы требуют серьезного исследования и осмысления. Выполнить такое исследование вполне по силам отечественным методистам: имеются обширные архивы химических олимпиад различных уровней, имеются массивы сведений о дальнейшей научной карьере бывших участников олимпиад и, разумеется, есть массив для сравнения.

9. Что касается экологического аспекта школьного химического образования, то здесь ситуация обратная: это модное направление привело к появлению огромного потока методической литературы. Вызывает огорчение лишь то обстоятельство, что некоторые авторы-методисты, а иногда и химики, опрометчиво выдают гипотезы за установленные теории и пользуются непроверенными, а иногда и попросту неверными представлениями. Так, из диссертации в диссертацию, из пособия в пособие кочуют утверждения о грядущей реализации безотходных процессов, о выработке в недалеком будущем будто бы экологически чистой энергии (например, водородной, солнечной и т.п.) – ни то, ни другое принципиально не возможно [7]. Развитие промышленной цивилизации, объективно связано, к сожалению, с неизбежной техногенной нагрузкой на природу. Задача ученых и инженеров минимизировать эту нагрузку, а полностью избавиться от нее, увы, нельзя.

Гипотезы о разрушении озонового слоя в верхней атмосфере фреонами и о техногенном усилении парникового эффекта выдаются за доказанные теории [8]. Многие авторы не учитывают того обстоятельства, что экология в своей природоохранной части – наука молодая, неустоявшаяся, не имеющая точных методов исследования. Поэтому использовать ее представления надо с большой осторожностью, а уж рекомендовать введение экологии как самостоятельного предмета в учебный план средней школы просто нелепо. Экологизация школьного образования должна способствовать выработке у учащихся экологического мышления, что в значительной мере является задачей нравственного воспитания.

10. Наконец, нельзя не упомянуть о проблеме, стоящей между методикой преподавания химии и педагогической психологией. Это проблема способностей к химии. Этот интереснейший вопрос нуждается в обстоятельной научной проработке, а выполнена в этой области всего одна докторская диссертация [9].

Существуют ли химические способности как таковые или речь может идти только о способностях к естественным наукам в целом? Каждый ли здоровый человек может стать химиком или для этого необходима специальная структура личности? Если способности к химии действительно существуют, то как их выявить? Можно ли сделать это на раннем этапе развития ребенка? Можно ли развить химические способности и как это сделать оптимальным способом? Какой возрастной период наиболее эффективен для химиков? Таких вопросов можно задавать множество.

Понятно, что для выполнения исследования в этой области необходима кооперация между химиками-методистами и профессиональными психологами, поскольку ни те, ни другие по отдельности не смогут решить поставленные задачи.

Автор отдает себе отчет в том, что отбор всех перечисленных выше направлений носит субъективный характер: просто эти научно-методические проблемы ближе автору. Вероятно, настало время проанализировать достижения и недочеты отечественной методической науки в области химии и обсудить стратегию ее развития. Полагаю, что было бы полезно выяснить мнение методистов по затронутым в этой статье проблемам и, что еще важнее, вскрыть другие, быть может, более актуальные направления работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лисичкин Г.В., Леенсон И.А. Содержание школьного курса химии: новый взгляд на старую проблему. Химия в школе. 2006, № 4, с. 19–25.
2. Лисичкин Г.В. Остаточные химические знания выпускников школы и содержание учебника химии. В сб.: Современные тенденции развития химического образования: от школы к вузу / под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006, с. 30–40.
3. Химия и общество. Перевод с англ. под ред. М.Г. Гольдфельда. М., Мир, 1995. – 560 с.
4. Архарова Е.Ю. Дисс.....канд. пед. наук, М., МГУ, 2004 г.
5. Махмудов Т.А. Дисс.....канд. пед. наук, М., МПГУ, 1988 г.
6. Загорский В.В. Дисс.....докт. пед. наук, М., МГУ, 2004 г.
7. Лисичкин Г.В. Защита среды обитания: мифы и реальность. Химия и жизнь, 1999, № 2, с. 22–26.
8. Сафонов М.С., Лисичкин Г.В. Можно ли уменьшить концентрацию углекислого газа в атмосфере? Соросовский образовательный журнал, 2001, т. 7, № 7, с. 40–46.
9. Коробейникова Л.А. Дисс. ....докт. пед. наук, М., РАО, 1991 г.

## О РЕФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

*«Главная трудность самой цивилизации в том, что она опередила культуру. Сегодня цивилизация делает что хочет. То есть то, что легче продается и приносит доход. И боюсь, что в будущем положение только ухудшится. Поэтому сегодня необходимо восстановить культуру в своих правах. А значит – просвещать, просвещать и просвещать»*

Ф. Искандер [1]

Сразу подчеркнем, что настоящая статья посвящена исключительно проблемам школьного химического образования, подробный анализ проблем высшего образования в России был дан в работах [2–4].

В Советском Союзе существовала отлаженная система школьного химического образования, основанная на линейном подходе, когда изучение химии происходило по единой программе, начиналось в седьмом классе и заканчивалось в десятом. Была разработана согласованная схема обеспечения учебного процесса, в том числе: программы и учебники, подготовка и повышение квалификации учителей, система химических олимпиад всех уровней, комплекты учебных пособий («Библиотека школы», «Библиотека учителя» и т.д.), общедоступные методические журналы («Химия в школе» и др.), демонстрационные и лабораторные приборы.

Образование – консервативная и инертная система, поэтому даже после распада СССР химическое образование, которое понесло тяжелые материальные потери, продолжало выполнять свои задачи. Однако в середине 1990-х годов в России началась реформа системы образования, главная цель которой – поддержка вхождения новых поколений в глобализованный мир, в открытое



информационное сообщество. Для этого, по мнению авторов реформы, в содержании образования центральное место должны занимать коммуникативные дисциплины: информатика, иностранные языки, межкультурное обучение.

Было объявлено, что новая реформа должна обеспечить переход на сопоставимую с мировой систему показателей качества и стандартов образования. Это означает, что конечная цель российской реформы – придать системе образования чисто рыночный характер. Гибко реагируя на потребности мировой экономики, система образования должна предлагать мировому сообществу специалистов, востребованных на рынке труда. Главная цель рыночной экономики – увеличение прибавочной стоимости, значит и конечная цель заявленной реформы образования – зарабатывание денег: для себя и для страны (то есть для чиновников, которые эти деньги распределяют). Такая стратегическая цель изначально ущербна: новые поколения молодых людей – это не аппараты по производству товаров и оказанию или потреблению услуг. Важнейшая задача системы образования – развитие личности, умеющей оценивать окружающий мир и свое место в нем, способной ставить и решать новые задачи не только в материальной области, но и в духовной сфере.

Для нынешней реформы (или как ее сейчас более мягко называют – модернизации) российского образования характерны следующие основные черты:

1) Она имеет чисто экономический характер. Действительная, а не объявленная цель – перераспределение финансовых потоков в сторону образовательных структур, тесно связанных с министерством образования. Образовательные задачи не решаются. Для естественных наук места в этой реформе не предусмотрено. Реформу проводят чиновники, которые учитывают только собственные финансовые интересы.

2) Реформа имеет закрытый характер. Полностью отсутствует обратная связь и независимая экспертиза. Принимаемые решения обсуждаются чисто формально, мнение учителей, преподавателей, ученых не учитывается. Однако масштабные реформы в системе образования не могут не затрагивать интересы широких слоев общества. Поэтому каждое новое предложение должно проходить профессиональную экспертизу и публично обсуждаться

ся научно-педагогическим сообществом. Сегодня налицо явный недостаток «прозрачности» проводимых реформ.

3) Результаты уже проведенных структурных преобразований не доступны для открытого обсуждения. Отсутствуют достоверные статистические данные не только о ходе реформы – например, о том, как сдают единый госэкзамен в тех или иных регионах страны, но и о долгосрочных результатах – например, о том, как повлияла реформа на уровень подготовки выпускников средних школ и как изменился социальный состав и образовательный уровень студентов. В общественное сознание вводят только такую информацию, которая, по мнению руководителей реформ, доказывает их эффективность, например сведения о растущем числе регионов, переходящих на ЕГЭ.

Изначально план конкретных шагов по реализации реформы образования включал: 1) переход на 12-летнее школьное обучение, 2) разработку новых стандартов обучения на основе концентрической схемы, 3) введение единого государственного экзамена (ЕГЭ) в форме всеобщего тестирования, 4) введение всеобщего профильного обучения в старших классах.

Первая часть плана в России не реализована. В нашей стране до сих пор сохраняется 11-летнее школьное образование: начальная школа – 4 года, средняя – 3 года и старшая – 4 года. В рамках концентрической схемы старшая школа разделена на два уровня: основное общее образование (8–9 классы) и среднее (полное) общее образование (10–11 классы). Фактически, обязательным является 9-летнее образование, хотя высокопоставленные чиновники уже заявляют о необходимости обязательного полного среднего образования.

Разработка новых стандартов обучения – это один из немногих положительных результатов реформы. Стандарты понимаются не как универсальная и единственная для всей страны программа обучения, а как минимальный набор знаний и умений, которыми должны владеть учащиеся после окончания средней школы. К разработке стандартов были привлечены лучшие специалисты в своих областях – учителя, преподаватели высшей школы и научные работники. Содержание стандартов широко обсуждалось в обществе. В стандарте по химии, в создании которого принимали участие авторы данной статьи (Н.Е.К. и В.В.Л.),

удалось сохранить все основные понятия и представления, дающие выпускникам средней школы возможность ориентироваться в общественных и личных проблемах, связанных с химией. Самое главное, что *в новом стандарте закреплена экспериментальная составляющая курса химии*, поэтому в случае законодательного утверждения новых стандартов государство должно будет обеспечивать школы соответствующим оборудованием и реактивами.

Наибольшие споры в обществе вызывает введение единого государственного экзамена в выпускных классах. В идеале ЕГЭ должен служить независимым и объективным инструментом оценки уровня подготовки выпускника средней школы и обеспечивать равные возможности для продолжения образования представителям разных социальных слоев и территориальных групп населения. Что же мы имеем на самом деле? Наш многолетний опыт дистанционного обучения, связанный, в частности, с заочно-очной формой приема на химический факультет МГУ, показывает, что дистанционное тестирование, во-первых, не дает объективной оценки знаний, а, во-вторых, не обеспечивает школьникам равных возможностей. Более чем за десять лет функционирования системы заочно-очного приема через наш факультет прошло огромное количество письменных работ по химии, и мы убедились в том, что общий уровень решений очень сильно зависит от региона; чем он ниже, тем больше оттуда присылают списанных работ.

Еще одно существенное возражение против ЕГЭ: само тестирование как форма проверки знаний имеет существенные ограничения. Даже корректно составленный тест не позволяет объективно оценить умение школьника рассуждать и делать выводы. Тестирование заменяет творческий анализ проблемы механическим выбором среди вариантов, подготовленных людьми, которые зачастую имеют весьма ограниченное представление о предмете. Мы изучили материалы ЕГЭ по химии разных лет и обнаружили большое число некорректных или неоднозначных вопросов, базирующихся на «бумажном» представлении о химии. Эти вопросы нельзя применять для тестирования школьников, особенно тех, кто хорошо понимает предмет. Сильные школьники на тестировании вынуждены думать не только о поставленных вопросах, но и о том, что имел в виду автор, когда составлял вари-

анты ответа. Тестирование можно использовать только как одну из форм контроля знаний в средней школе, но ни в коем случае не как единственный монополярный механизм доступа к высшему образованию.

Последний компонент реформы – введение профильного образования в 10–11 классах. Сама по себе это хорошая идея, которая направлена на то, чтобы школьники занимались только любимым делом и могли наиболее полно реализовать свои способности. Однако принятые в России подходы к ее реализации способны довести ситуацию до абсурда и превратить преимущества идеи в ее недостатки. Во-первых, планируется сделать профильными все школы, однако в проекте профильных учебных планов отсутствует общеобразовательное направление. Идея всеобщей профилизации вообще нереализуема в России, где 70% школ – сельские.

Далее, предлагаемые учебные планы для различных профилей не выдерживают никакой критики. Достаточно сказать, что из 12 профилей предмет «химия» сохраняется лишь в двух (физико-химическом и биолого-географическом), биология – в трех, а физика – в пяти. В остальных профилях эти дисциплины включены в интегрированный курс «Естествознание». В учебном плане физико-математического профиля химия отсутствует вообще. Очевидно, что эти учебные планы имеют чисто кабинетный характер, а их авторы не имеют ни малейшего представления о направлениях развития современного естествознания, иначе они объединили бы химию не с физикой, а с биологией, так как именно в области биохимии и медицинской химии ожидаются крупнейшие научные открытия 21-го века.

Наиболее важные отрицательные результаты реформы в области химического образования сводятся к следующему:

- 1) Преподавание химии в школе сводится к натаскиванию на ЕГЭ, так как именно по результатам ЕГЭ чиновники судят об эффективности работы учителей. Массированное внедрение ЕГЭ привело к тому, что вместо нормальной химической литературы для учителей и школьников появилось невообразимое количество макулатуры, которая «помогает подготовиться к ЕГЭ за 24 часа» (или за неделю). Фактически, огромные материальные и интеллектуальные ресурсы издательств, авторов и читателей тратятся впустую.

2) Появилось большое число слабых учебников. Современная рыночная экономика глубоко проникла в область учебной литературы, и новые авторы чутко реагируют на изменения конъюнктуры и быстро адаптируют содержание своих книг – учебников, методических рекомендаций, пособий – под последние изменения в стандартах образования и рекомендации министерства. То, что эти книги не читают, авторов не волнует: рыночный успех обеспечивается не откликом читателей, а грифом «Допущено» или «Рекомендовано Министерством образования» и госзаказом, который формируют чиновники на местах. Именно они, а не учителя определяют, по каким книгам будут учиться дети в том или ином регионе страны.

3) Разрушена создаваемая вузами система перехода от средней школы к высшей. Под флагом борьбы с репетиторством и «блатнерством» (новое слово – элемент «новояза» чиновников от образования), борясь за социальную справедливость и проталкивая ЕГЭ, Министерство образования запретило или ограничило многие виды работы вузов с подшефными школами и регионами. Так, в Московском университете отменена система выездных экзаменов, в рамках которой приемные комиссии различных факультетов МГУ отправлялись в удаленные области России и принимали вступительные экзамены на местах. Запрещены досрочные вступительные экзамены, которые позволяли многим иногородним абитуриентам попробовать поступить в МГУ, не рискуя в случае неудачи попасть в армию. Многие школьники из регионов России просто боятся ехать в Москву, так как ошибочно полагают, что на обычных вступительных экзаменах у них нет шансов. В результате образовательный уровень ведущих столичных вузов падает из-за сокращения притока сильных абитуриентов из провинции, что ощущается еще более остро в условиях современной демографической ситуации в стране.

Все вышесказанное приводит к тому, что химическая безграмотность («темнота») общества растет, можно сказать, экспоненциально и затрагивает все новые и новые социальные группы. Вот несколько примеров. На одном из центральных телеканалов нам довелось услышать, что «по городу распространяется облако ядовитого газа азота». Другой пример: российская тележурналистка, готовившая репортаж о победителях Международной (Все-

мирной) олимпиады по химии, спросила у одного из них о том, какие научные проблемы его интересуют. Молодой человек ответил, что хочет исследовать динамику процесса фотосинтеза, и услышал от журналистки вопрос: «А что такое фотосинтез?» На одном из ток-шоу эстрадную певицу спросили, как медь называется по-латыни. Она ответила: «Плюмбум», на что ей подсказали из зала: «Неверно, плюмбум – это ртуть!»...

Оценивая результаты проведенных реформ, уместно привести следующую цитату: «... школьная реформа, ничего не создав, была чисто разрушительной по своим результатам. ... она внесла в школьное дело полнейший хаос, из которого нужно найти выход. А пока средняя школа будет давать университетам молодых людей, недостаточно подготовленных к высшему научному образованию, не может быть прочного фундамента и у высшей школы. Здесь потребуются громадная и продолжительная работа, к которой государство должно привлечь все просвещенные силы страны. Все направления деятельности Министерства Народного Просвещения, которое привело к крушению среднюю и высшую школу, должны в корне измениться. В школе – все будущее России, и никакие жертвы, необходимые для ее устройства и подъема, не должны останавливать правительства, которое хочет блага страны и пожелает поднять авторитет».

Эту фразу сто лет назад произнес ординарный профессор Императорского Московского университета и первый выборный ректор МГУ, князь Сергей Трубецкой [5]. Однако она звучит так, как если бы была сказана сегодня. Как видим, за сто лет ничего в отношениях правительства и системы образования не изменилось.

Очень многие в России убеждены, что бесконечные и не всегда понятные перемены – специфическая национальная особенность отечественного образования. Но это – заблуждение: реформы, (модернизации, перестройки) регулярно постигают среднюю и высшую школу практически всех стран. Жизнь идет вперед, появляются новые поколения и реалии, меняются общественное мнение и ценностные представления людей, и неизбежно приходится выбирать приоритеты и ориентиры образования, совершенствовать его содержание, организацию, методику обучения. Поэтому и в нашей стране проблема заключается в отыскании адекватных соотношений между естественнонаучным, математическим и гуманитарным способами усвоения новых знаний.

Система образования в нашей стране управляется чиновниками, которые ее финансируют, однако ядро этой системы составляют не они, а школьные учителя и преподаватели высшей школы. Что же реально зависит от российских школ и вузов в условиях модернизации образования?

Одна из главных задач химического образования – привлечение молодых людей к химии и создание им условий для продолжения образования в высшей школе. Огромную роль здесь играет система химических олимпиад – ценное наследие советской системы образования. Ее ядром является Российская олимпиада, проводимая Министерством образования в 5 этапов – от местного, школьного до финального, всероссийского. Московский университет предложил развивать вширь систему предметных олимпиад, в том числе химических, и рассматривать ее как реальную альтернативу ЕГЭ. Олимпиады действительно обеспечивают всем школьникам равный доступ к образованию и позволяют отобрать самых способных из них для высшей школы. В мае 2007 года МГУ в третий раз провел многопредметную университетскую олимпиаду «Ломоносов» для школьников. Эта олимпиада юридически приравнена к 4-му этапу Всероссийской олимпиады, поэтому победители по каждому предмету получили право получить максимальные оценки по этому предмету на вступительных экзаменах, что, безусловно, должно облегчить поступление в МГУ талантливым школьникам со всей страны.

Не секрет, что отношение учеников к любому предмету складывается из трех основных факторов: природные способности, учитель и учебник. Если в этой триаде есть хотя бы один положительный фактор, то хорошее отношение сохранится на всю оставшуюся жизнь. Природные склонности задаются родителями и богом, на них мы повлиять не можем. Хороших учителей в обществе совсем немного, так как престиж учительской профессии упал очень низко. Именно школьный учитель должен быть одним из основных объектов реформы. Для этого необязательно резко повышать его зарплату – на достойный уровень оплаты денег все равно не хватит. Вместо этого необходимо дать законодательную возможность учителям оказывать дополнительные услуги и оплачивать (из разных источников, в том числе и за счет родителей) консультации, лекции, школьные кружки и олимпиады. Фактиче-

ски это уже происходит повсеместно – надо только разрешить такую деятельность и оформить ее юридически. Базовое образование все равно остается бесплатным. Так решается материальная проблема.

Кроме этого, учителю надо создать условия для творческой деятельности, а для этого, в первую очередь, обеспечить школы элементарным химическим оборудованием. Это – уже задача государства. Для творческого развития и повышения уровня теоретической подготовки учителей существует система повышения квалификации. Пока в этой системе главенствует министерство образования, поэтому она ориентирована преимущественно на методическое обеспечение подготовки к ЕГЭ. Изменить эту систему может только высшая школа – ее преподаватели могут и должны играть просветительскую роль и способствовать тому, чтобы школьные учителя лучше знали реальную, а не бумажную, химию и имели представление о научных проблемах, над которыми работают ученые.

Очень важным фактором влияния на школьников и учителей являются школьные учебники по химии. Хороший учебник, написанный с любовью к предмету и уважением к читателям, а не в соответствии с последними методическими разработками, будет способствовать тому, что многие школьники с естественнонаучными способностями изберут химию будущей профессией, а ученики гуманитарного склада поймут, что эта наука при правильном к ней отношении приносит обществу большую пользу. Авторским коллективом химического факультета МГУ предпринята попытка создать комплект таких школьных учебников. В основе его концепции лежат три простых условия – учебник должен быть: 1) интересным; 2) простым; 3) грамотным. Излагая новый материал, авторы ведут с учеником незримый диалог и все время пытаются ответить на простой вопрос: «А зачем все это нужно?». Для этого постоянно демонстрируется связь изучаемых понятий с окружающей жизнью. В принципе, это сделать не очень трудно, так как химические вещества окружают нас везде, нужно только уметь это показать [7, 8]. В настоящее время мы знакомим учителей России с комплектом учебников [6] и стараемся завоевать место на поделенном крупными издательствами рынке учебной литературы России.



Отношение взрослых людей к химии и проблемам химического образования зависит от общественного образа этой науки. Для создания привлекательного образа химии ничего нового придумывать не надо – эта задача решается с помощью стандартных способов внедрения информации в общественное сознание, включая: научно-популярные статьи, книги, радио- и телепередачи, в том числе и рекламу. В Советском Союзе был специальный образовательный телеканал, на котором преподаватели ведущих вузов читали лекции для школьников и абитуриентов.

Для популяризации науки необходимо, чтобы все, что делается, было сделано талантливо и увлекательно, иначе вместо интереса к предмету можно добиться противоположной реакции. Позитивную роль могут играть крупные научные и образовательные мероприятия, например, всемирные конгрессы, международные конференции, научные соревнования. Именно с целью пропаганды химии в России Московский университет пригласил Международную химическую олимпиаду школьников 2007 года в Москву. Успешно проведенная олимпиада имела и другую задачу, тоже рекламного характера: показать международному научному и педагогическому сообществу, что уровень химического образования в странах бывшего СССР по-прежнему остается достаточно высоким.

И, в заключение, о перспективах. Российская Высшая школа экономики сделала прогноз о том, какие специальности будут востребованы на отечественном рынке труда в ближайшие 5 лет. Наилучшие перспективы – у юристов, стоматологов, маркетологов, специалистов по продажам и специалистов по экзотическим видам услуг, вроде «подготовки собак к выставкам». Наименее востребованными будут врачи, работники социальной сферы, включая учителей, и ученые. Это – один из главных результатов проводимой реформы образования, которая отражает тенденции развития современного российского общества, направленного на создание прибавочной стоимости, а не на гармоничное развитие личности. Непрерывно следуя в этом направлении, наша страна будет зарабатывать все больше денег и все больше глупеть. Мы будем богатыми и дремучими. Но, тем не менее, надо сохранять оптимизм, поэтому закончим нашу статью еще одной исторической фразой, которая нам понравилась настолько, что мы повто-

ряем ее снова и снова. Она принадлежит второму по счету российскому Нобелевскому лауреату И.И. Мечникову. В предисловии к русскому изданию книги «Этюды оптимизма» он писал [9]: «Наученный горьким опытом, я уже не решаюсь предсказывать наступление в России в ближайшем будущем периода, когда научный труд найдет себе большее приложение. Но я не вижу и причины тому, чтобы отвергать подобную возможность».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Искандер Ф. Для неулыбчивой отчизны. – Еженедельный журнал «Итоги», 2004, №46(440), с. 96–100.
2. Образование, которое мы можем потерять / Под ред. В.А. Садовниченко. – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; Институт компьютерных исследований, 2002. – 288 с.
3. Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Рыжова О.Н. О модернизации образования в России. – Педагогика, 2005, № 3, с. 107–116.
4. Миронов В.В. За всем стоит Министр Высшего Глобального образования... – Платное образование, 2004, № 7, с. 21–26.
5. Сергей Николаевич Трубецкой. Справочно-информационная серия «Московский университет на пороге третьего тысячелетия». Вып. 12. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 148 с.
6. Еремин В.В., Дроздов А.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Химия. Учебники для общеобразовательных учреждений. 8 кл.; 9 кл.; 10 кл. – М.: Дрофа, 2006. – 304 с. (8 кл.); 400 с. (9 кл.); 386 с. (10 кл.).
7. Еремин В.В. Как сделать химию интересной для всех. – Universitates, 2004, № 1, с. 79–83.
8. Бучаченко А.Л. Химия как музыка. – Тамбов, М., СПб., Баку, Вена: Изд-во «Нобелистика», 2004. – 192 с.
9. Мечников И.И. Этюды оптимизма. – М.: Издание «Научного Слова», 1907. – 254 с.

## О РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ЗАЧИСЛЕНИЯ АБИТУРИЕНТОВ В ХИМИЧЕСКИЕ ВУЗЫ

Весной 2004 г. Ученый Совет МГУ модернизировал традиционные правила приема, что явилось отражением новой политики МГУ в области привлечения абитуриентов. В качестве стратегической альтернативы единому государственному экзамену (ЕГЭ) Московский университет предложил развитие системы предметных олимпиад различного уровня, *победители и призеры которых получают ощутимые преимущества при поступлении в государственные вузы*. На примере химического факультета МГУ продемонстрируем первые результаты практического применения этого подхода. Традиционно на химический факультет без вступительных экзаменов зачислялись победители и призеры заключительного этапа Всероссийской химической олимпиады и Международной Менделеевской олимпиады школьников по химии, однако *начиная с 2004 года победителям 3-го (регионального) и 4-го (федерального окружного) этапов Всероссийской химической олимпиады на вступительных экзаменах по химии стали засчитывать высший балл*.

Более того, Московский университет целенаправленно развивает систему предметных олимпиад как инструмент отбора абитуриентов. Так, начиная с 2005 года, МГУ проводит многопредметную (в том числе – по математике, химии, физике, литературе и русскому языку) олимпиаду «Ломоносов» для школьников выпускных классов, которая юридически приравнена к четвертому этапу Российской олимпиады, поэтому победителям по каждому предмету засчитывается максимальная оценка за этот предмет на вступительных экзаменах. Проведение этой олимпиады значительно облегчает поступление в МГУ одаренным школьникам со всей России.

Также в 2005 году стартовал совместный проект МГУ и популярной российской газеты «Московский комсомолец» под названием «Покори Воробьевы горы». По условию этого конкурса, россияне из числа выпускников школ могли, пройдя отборочный заочный тур, приехать в Москву и принять участие в очном туре.

В результате в 2005 году на химический факультет МГУ были зачислены 10 победителей этой олимпиады, в 2006 – 12 победителей, в 2007 году – 13. Все они – уроженцы различных регионов России (Камчатка, Калмыкия, Башкортостан, Архангельская, Вологодская, Оренбургская, Калужская, Кировская, Тамбовская, Рязанская и Московская области).

Таким образом, на химический факультет МГУ зачисляется порядка семидесяти студентов из числа победителей и призеров химических олимпиад, упомянутых выше (так, в 2005 году таких студентов было 66 человек – см. табл. 2), что составляет примерно треть всего набора, поскольку химическому факультету ежегодно выделяют 215 бюджетных мест. Возникает вопрос, оправдывает ли себя такой подход к комплектованию студенческого контингента одного из ведущих химических вузов России? Данная проблема уже анализировалась в работе [1], и в настоящей публикации мы представляем результаты нашего дальнейшего анализа.

*Таблица 1*

**Успеваемость студентов I курса химического факультета МГУ.  
2004/2005 учебный год**

	Число студентов	I сессия (зимняя)		II сессия (летняя)				
		Неорг. химия	Маг. анализ	Неорг. химия	Маг. анализ	Физика	Информатика	Курс. работа
I курс в целом	230	4.11	4.20	4.35	4.12	3.88	4.08	4.8
Победители 3 и 4 этапов Всероссийской олимпиады *	39	4.59	4.38	4.80	4.21	4.03	4.27	4.90
Победители Всероссийской олимпиады **	12	4.75	4.58	4.82	4.36	4.09	4.36	5.00
Победители Международной Менделеевской олимпиады **	14	4.93	4.57	4.93	4.43	4.22	4.44	4.86
Студенты I курса, сдавшие все экзамены на общем основании	165	3.88	4.10	4.15	4.05	3.80	3.98	4.75

На примере химического факультета МГУ продемонстрируем эффективность практического применения этого подхода. Нами

проведен анализ успеваемости студентов I и II курсов по результатам экзаменационных сессий. В таблицах 1–3 представлены усредненные оценки, полученные студентами – победителями Олимпиад различного уровня и «обычными» студентами, зачисленными по результатам традиционных вступительных испытаний.

Таблица 2

**Успеваемость студентов I курса химического факультета МГУ.  
2005/2006 учебный год**

	Число студентов	I сессия (зимняя)		II сессия (летняя)				
		Неорг. химия	Мат. анализ	Неорг. химия	Мат. анализ	Физика	Информатика	Курс. работа
I курс в целом	235	4.08	4.04	4.23	4.10	3.85	3.95	4.79
Победители 3 и 4 этапов Всероссийской олимпиады *	25	4.60	4.00	4.54	4.04	4.04	4.30	4.79
Победители Всероссийской олимпиады **	15	5.00	4.53	5.00	4.76	4.42	4.42	4.86
Победители Международной Менделеевской олимпиады **	16	4.69	4.56	4.79	4.29	4.36	4.55	5.00
Победители конкурса «Покори Воробьевы горы»	10	4.20	4.10	4.60	4.50	4.00	4.11	4.9
Студенты I курса, сдававшие все экзамены на общем основании	169	3.85	3.99	4.05	4.01	3.74	3.80	4.77

\* по химии на вступительных экзаменах этим абитуриентам был засчитан высший балл, три остальных экзамена (математика письменно, физика письменно и сочинение) они сдавали на общих основаниях;

\*\* зачислены на I курс без вступительных экзаменов.

Очевидно, что результаты, показанные студентами, поступившими на химический факультет без экзаменов как победители Всероссийской и Международной Менделеевской олимпиад (а также победители Олимпиад иного уровня), значительно выше средних по всему курсу и, тем более, выше результатов тех, кто поступал в МГУ по традиционной схеме. *В целом, результаты*

студентов – олимпийцев полностью подтверждают правильность выбранного курса привлечения одаренных абитуриентов в ведущие вузы страны.

Таблица 3

**Успеваемость студентов II курса химического факультета.  
2005/2006 учебный год**

	Число студентов	III сессия (зимняя)			IV сессия (летняя)				
		Физика	Теор. в-роятн.	Мат. анализ	Фило-софия	Мат. анализ	Ан. химия	Квант. мех.	Курс. работа
II курс в целом	209	3.98	4.21	4.24	4.19	4.45	4.30	3.92	4.80
Победители 3 и 4 этапов Всероссийской олимпиады	37	4.16	4.23	4.16	4.19	4.47	4.51	3.88	4.92
Победители Всероссийской химической олимпиады	10	4.60	4.60	4.70	4.70	4.80	4.80	4.33	4.80
Победители Международной Менделеевской олимпиады	14	4.07	4.27	4.50	4.15	4.70	4.85	4.00	4.80
Студенты, сдававшие все экзамены на общем основании	148	3.89	4.17	4.21	4.16	4.39	4.16	3.88	4.77

Бывшие олимпиадники, приходя на первый курс, несомненно обладают знаниями, существенно превышающими «багаж» среднего абитуриента, да и мотивация к учебе, к занятиям любимой наукой у них чрезвычайно высока. Несомненно также, что и интерес к выбранной специальности у них сформировался раньше и более осознанно.

Интересно привести данные о том, каковы *персональные* успехи наших студентов – менделеевцев (*все они – не россияне*), победителей олимпиад последних лет. В таблицах 4–6 приведены их результаты по отдельным сессиям. Буква «а» рядом с оценкой означает, что студент получил по данной дисциплине отметку досрочно, «автоматом». Учебные планы разных групп на химическом факультете несколько различаются (см. стр. 11–21 настоящего сборника), поэтому число экзаменов может быть различным у разных студентов.

Таблица 4

## Результаты победителей 38-ой Международной Менделеевской олимпиады 2004 г.

Студент	Страна	I сессия			II сессия					III сессия			IV сессия					
		маган	неоргхим	ВМС	физика	ЭВМ	маган	н/хим	курсовая	физика	теор.вер.	маган	философ	маган	ан. химия	ОКМ	курсовая	Спец-предм.
Айрапетян Д.В..	Армения	4	5		3	3	5	5a	5	3	3	5	4	5	4	3	5	
Бисенов Е.М.	Казахстан	5	5				4(5)	5a	5	4		4(5)	5		5			4,4
Година А.Ф.	Молдова	4	5a		4	5	4	5a	5	3	4	4	4	4	5		5	
Громенко Е.В.	Украина	4	5				3(4)	5a	5	5		4(5a)	4		5			4,3
Жиентаев Т.М.	Казахстан	5	5a	5	5	5	5	5a	4	5	5	5	4	5	5		5	4,4
Капаров К.К.	Кыргыз-стан	5	5		5	4	4	5a	5	4	4	5	4	4	5	4	5	
Коровин А.Н.	Украина	5	5	5	5	5	5	5a	5	4	5	5	4	4	5		5	5,5
Мурзин В.Ю.	Казахстан	4	5				5(4)	5a	5	5		5(5a)	5		5			5,4
Наширбаев А.А..	Казахстан	4	5		3	3	3	5a	5	5	4	4	3	5	4	3	3	
Простакова В.А.	Эстония	5	5a		5	5	5	5a	5	5	5	5	5	5			5	
Простов М.С.	Украина	4	4		3	3	4	4	4	3	3	3	отчислен					
Стойчев Г.В.	Болгария	5	5a	4	3	5	5	5a	5	4	5	4	3	5	5		5	5,5
Тимковский И.И.	Беларусь	5	5a		4	5	5(4)	5a	5	3	5	5	4	5	5	5	5	
Шубернецкая О.	Молдова	5	5		5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	

В скобках – результаты экзаменов по дополнительным дисциплинам у студентов спецгрупп.

Таблица 5

## Результаты победителей 39-ой Международной Менделеевской олимпиады 2005 г.

Студент	Страна	I сессия			II сессия					III сессия		
		неорг. хим	маган	ВМС	физика	ЭВМ	неорг. хим.	маган	курс.	физика	маган	теор. вер.
Абдрахманов Н.Б.	Казахстан	5а	5		академический отпуск							
Ажибек Д.М.	Казахстан	5а	5		4	5	5а	5	5	4	5	3
Гурбанов М.А.	Туркменистан	4	3		академический отпуск, отчислен через год							
Забильский М.В.	Украина	5а	4		5	5а	5а	5	5	5	5	5
Истрате А.Н.	Молдова	5	5		5	5	5а	5	5	5	5	5
Мамедов А.	Азербайджан	3	5		3	3	4	3	5	3	5	3
Осипов К.Б.	Эстония	5а	5		5	5а	5а	5	5	5	5	5
Пендюх В.В.	Украина	3	3		3	3	4	3	5	3	4	3
Саидаминов М.И.	Таджикистан	5а	5		5	5	5а	5	5	5	5	5
Скабеев А.Н.	Кыргызстан	5а	4		4	4	5а	3	5	3	3	4
Сушкевич В.Л.	Беларусь	5а	5				5а	5(5)	5	5	5(5)	
Тарасова Е.А.	Беларусь	5а	5		4	5	5а	5	5	4	5	5
Топчий М.А.	Украина	5	4				4	3(4)	5	3	3(3)	
Торгонская А.А.	Беларусь	5а	5				5а	5(5)	5	5	5(3)	
Шматова О.И.	Казахстан	5а	5	5	5	5	5а	4	5	5	4	5
Яковлев С.В.	Казахстан	5а	5		5	5а	5а	4	5	5	5	4
<b>Средний балл</b>		<b>4.69</b>	<b>4.56</b>		<b>4.36</b>	<b>4.55</b>	<b>4.79</b>	<b>4.29</b>	<b>5</b>	<b>4.28</b>	<b>4.57</b>	<b>4.27</b>

В скобках – результаты экзаменов по дополнительным дисциплинам у студентов спецгрупп.



Таблица 6

**Результаты победителей 40-ой Международной  
Менделеевской олимпиады 2006 г.**

Студент	Страна	I сессия	
		Неорг. хим	Мат.ан.
Айтиев М.Н.	Кыргызстан	5	4
Артемов Н.Н.	Украина	5a	5
Борисов И.С.	Беларусь	5a	4
Луговая А.М.	Беларусь	5a	5
Малявко А.Н.	Беларусь	5a	5
Ордабаев А.Е.	Казахстан	5a	4
Петров Д.В.	Украина	5a	4
Саматов А.М.	Казахстан	5a	4
Силич К.А.	Беларусь	5a	5
<b>Средний балл</b>		<b>5.00</b>	<b>4.44</b>

Таблица 7

**Результаты победителей олимпиады  
«Покори Воробьевы горы» 2005 г.**

Студент	I сессия			II сессия				III сессия		
	неорг. хим	матан	физика	ЭВМ	неорг. хим	матан	курсо- вая	физика	матем.	теор. вер.
Асташкин Р.А.	4	4	4	5a	4	4	5	5	4	5
Борисов Д.А.	3	5	5	4	4	4	5	3	3	3
Гусев С.А.	3	4	4	4	4	5	5	4	5	3
Денисова Т.В.	5	3	3	4	5a	3	5	академ. отпуск		
Джунгурова Г.Е.	5a	3	4	4	5a	5	5	3	5	4
Киселева И.В.	5	3	3	3	4	4	5	3	3	3
Манылов М.С.	5a	5	5	5	5a	4	5	5	5	5
Смирнова Д.В.	4a	5	5	4	5a	5	5	5	5	5
Ушакова Ю.С.	5a	5			5a	5(5)	5	5	5(5)	
Чекушина А.В.	3	4	3	4	5a	4	4	3	4	3
<b>Средний балл</b>	<b>4.2</b>	<b>4.1</b>	<b>4</b>	<b>4.11</b>	<b>4.6</b>	<b>4.3</b>	<b>4.9</b>	<b>4</b>	<b>4.33</b>	<b>3.87</b>

В скобках – результаты экзаменов по дополнительным дисциплинам у студентов спецгрупп.

Таблица 8

**Результаты победителей олимпиады  
«Покори Воробьевы горы» 2006 г.**

Студент	I сессия	
	Неорг. хим.	Матан
Власова Н.А.	5а	5
Гаранин Е.М.	5а	5
Глазова Ю.А.	5а	5
Лухнович А.В.	5а	5
Мельникова К.А.	5а	5
Мясникова Д.А.	5	5
Поверенная М.В.	5а	5
Разважная О.В.	5а	5
Рахимова А.Р.	5а	5
Самойличенко Ю.В.	4	4
Урванов С.А.	5	4
Хомякова Е.В.	5а	4
<b>Средний балл</b>	<b>4.92</b>	<b>4.75</b>

Приведенные данные показывают, что *студенты-менделеевцы* (за редким исключением) учатся блестяще.

Столь же успешно учатся студенты, которых их товарищи шутливо называют «альпинистами» (по романтическому названию самой молодой из олимпиад МГУ – см. таблицы 7 и 8).

Подводя итог, заметим, что сочетание «олимпиадной» системы приема с традиционной делает еще более доступным поступление даже в престижные вузы для одаренных абитуриентов из всех регионов России, а также для зарубежных абитуриентов [2].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Демидова Е.Д., Лунин В.В. Система предметных олимпиад как инструмент отбора одаренных абитуриентов. В сб.: Современные тенденции развития химического образования: от школы к вузу / под ред. академика В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006, с. 90–97.

2. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Пичугина Д.А. Территориальные аспекты доступности высшего химического образования в России. – Химия (ИД «Первое сентября»), 2005, № 4, с. 15–18.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНКУРСНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ХИМИИ НА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНАХ В МГУ

Особенность получения высшего образования в вузах России до сегодняшнего дня состоит в том, что выпускники средних школ, желающие стать студентами, должны пройти конкурсный отбор и сдать для этого вступительные экзамены. В последнее десятилетие ведущие отечественные вузы, имеющие в перечне вступительных испытаний *химию*, перешли на систему проведения конкурсного экзамена по этой дисциплине в *письменной* форме (в эту систему укладывается и так называемый единый государственный экзамен – ЕГЭ). Необходимо, чтобы материалы прошедших письменных вступительных экзаменов по химии в ведущие вузы страны были широко доступны как для школьников, так и для их учителей и родителей. Почему это так важно?

Авторам настоящей статьи неоднократно приходилось встречаться со школьниками и абитуриентами, с их родителями, а также с учителями и методистами; отвечать на разнообразные вопросы, связанные не только с сугубо химическими проблемами, но и с правилами приема в МГУ и другие вузы, с проведением вступительных экзаменов и т.п. При этом мы часто сталкиваемся со скептическим отношением к возможности поступления в МГУ и другие ведущие вузы, особенно для абитуриентов с периферии. Задаются вопросы о якобы «нерешаемых» задачах на вступительных экзаменах.

Еще в 1991 году известный российский математик и педагог академик В.И. Арнольд утверждал [1]: «... нужно зафиксировать набор задач, которые они (учащиеся – студенты, школьники, абитуриенты) должны уметь решать. Эти списки задач нужно ежегодно публиковать». Мы считаем эту идею абсолютно правильной и чрезвычайно плодотворной по многим причинам. Одна из главных – то, что полная открытость материалов вступительных экзаменов позволяет общеобразовательной средней школе видеть ту истинную «планку» требований, которые предъявляет к ней высшая школа.

В связи с обозначенными проблемами в книге [2] впервые были систематизированы и представлены все экзаменационные варианты, которые предлагались абитуриентам МГУ им. М.В. Ломоносова за период с 1990 по 2000 г. После этого в работе [3] по материалам [2] был выполнен системный статистический анализ качества и сложности конкурсных заданий вступительных экзаменов на большом массиве задач и на очень значительном количестве абитуриентов. Это позволило отработать методику составления и методику решения экзаменационных заданий, которая на протяжении последних лет используется в МГУ. В продолжение книги [2] авторским коллективом МГУ издана книга [4], в которой приведены экзаменационные варианты по всем факультетам МГУ за три года (2003–2005). Эта книга также содержит решения, ответы и указания.

На всех факультетах МГУ экзаменационный билет по химии содержит 10 вопросов<sup>1</sup>, причем в нем указана максимальная оценка (в баллах) за каждый вопрос. Это так называемые технические баллы, которые затем трансформируются в десятибалльную оценку (химический факультет и факультеты биоинженерии и биоинформатики, наук о материалах, почвоведения) или пятибалльную оценку (биологический, геологический факультеты, факультет фундаментальной медицины).

Предлагаемые в экзаменационных билетах вопросы и задачи оцениваются дифференцированно в зависимости от уровня сложности, т.е. числа логических операций, необходимых для ответа, и их характера – репродуктивного или продуктивного.

Первые два задания (максимальная техническая оценка 1 балл) требуют от абитуриента простого воспроизведения материала, имеющегося в школьных учебниках и включенного в программу для поступающих в вузы. Типовые расчетные или «качественные» задания 3-5 (максимальная оценка 2 балла) по уровню сложности совпадают с теми вопросами, которые предлагаются в школьных учебниках после усвоения материала. Расчетная задача, состоящая из двух-трех логических операций (как правило,

---

<sup>1</sup> При этом легко убедиться, что каждый экзаменационный билет построен так, чтобы охватить значительную часть разделов «Программы по химии для поступающих в МГУ» (см. [2]).

шестой пункт экзаменационного задания) оценивается максимально в 3 балла. Два следующих пункта (7 и 8) имеют такую же оценку. Для ответа на поставленные в этих пунктах вопросы требуется показать знание свойств различных классов соединений, умение их обобщить и на этой основе выбрать правильный и оптимальный алгоритм ответа. Два последних пункта экзаменационного билета включают комбинированные задачи по неорганической и органической химии, состоящие из нескольких типовых задач. Их максимальная оценка равна 4 баллам<sup>2</sup>.

Таким образом, максимальная сумма технических баллов, которую можно набрать на экзамене, составляет 25. При пятибалльной системе высшей оценке «5» соответствуют суммы баллов 23–25, оценке «4» – 18–22, оценке «3» – 13–17, неудовлетворительная оценка «2» – меньше 12 баллов.

В рамках десятибалльной системы оценке «10» соответствуют суммы баллов 24–25, оценке «9» – 22–23, оценке «8» – 19–21, оценке «7» – 17–18, оценке «6» – 14–16, оценке «5» – 12–13, неудовлетворительной оценке «2» соответствует сумма баллов 11 и меньше. Обратим внимание на важное обстоятельство – как при пятибалльной, так и при десятибалльной системе максимальная оценка (5 или 10) может быть получена даже в том случае, если в работе и были допущены некоторые ошибки.

Мы ежегодно проводим анализ качества и сложности письменных заданий по химии на вступительных экзаменах на всех факультетах МГУ [5,6]. В качестве примера приведем результаты анализа майской Олимпиады «Ломоносов-2005» по химии на четырех факультетах: химическом, почвоведения, наук о материалах, а также факультете биоинженерии и биоинформатики. Суммарно в химической Олимпиаде участвовало около 500 абитуриентов, которым предлагался одинаковый вариант билета, состоящий из 10 заданий:

1. Приведите электронную конфигурацию атома калия.
2. Напишите уравнение реакции, протекающей при пропускании пропена через бромную воду. Укажите механизм реакции.

---

<sup>2</sup> Существенно, что, например, за четырехбалльное задание абитуриент может получить 0; 0.5; 1; ...3.5 или 4 балла. Это означает, что экзаменаторами при проверке работ положительно оценивается каждый шаг абитуриента в правильном направлении.

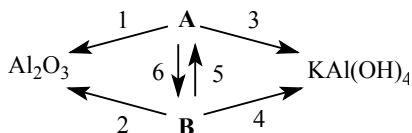
3. Сколько изомерных триметилфенолов существует? Изобразите их структурные формулы.

4. В сосуде объемом 11.2 л реагируют 1 моль иода и 3 моль водорода при температуре 527°C. Вычислите общее давление в сосуде после установления равновесия.

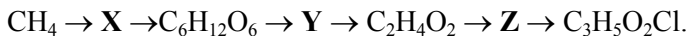
5. Образец кристаллогидрата состава  $MgCO_3 \cdot xH_2O$  прокаливали до прекращения выделения газов, которые пропускались последовательно через промывные склянки с концентрированной серной кислотой и с известковой водой. Масса первой склянки при этом увеличилась на 3.6 г, а во второй выпало 4.0 г осадка. Установите состав кристаллогидрата и массу его исходного образца.

6. При выдерживании фуллерена  $C_{60}$  в потоке газообразного фтора в течение четырех часов было получено твердое вещество, которое по данным элементного анализа содержало 55.516% фтора по массе, а в масс-спектре проявляло два пика, соответствующих молярным массам 1594.6 и 1632.6. Установите формулы соединений, содержащихся в полученной смеси, и определите их мольные доли. Атомные массы примите равными: C – 12.01, F – 19.00.

7. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, определите вещества **A** и **B**:



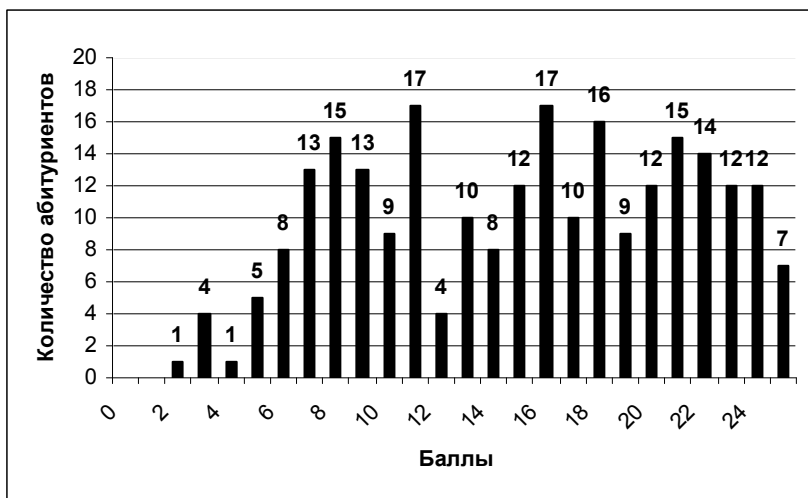
8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, укажите условия протекания реакций и определите неизвестные вещества:



9. Газ, образовавшийся при полном сгорании 3.6 г пирита (дисульфида железа (II)), был пропущен через раствор, полученный в результате сливания 38.8 г 20%-ного раствора хромата калия и 61.2 г 6.4%-ного раствора серной кислоты. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

**10.** Оптически активный углеводород **A** с массовой долей углерода 88.89% при гидрировании на платине превращается в углеводород **B** с массовой долей углерода 84.21%. При частичном восстановлении соединения **A** образуется либо оптически активный углеводород **C** с массовой долей углерода 87.27%, либо изомерный ему оптически неактивный углеводород **D**. Установите строение соединений **A – D**, объясните полученные результаты.

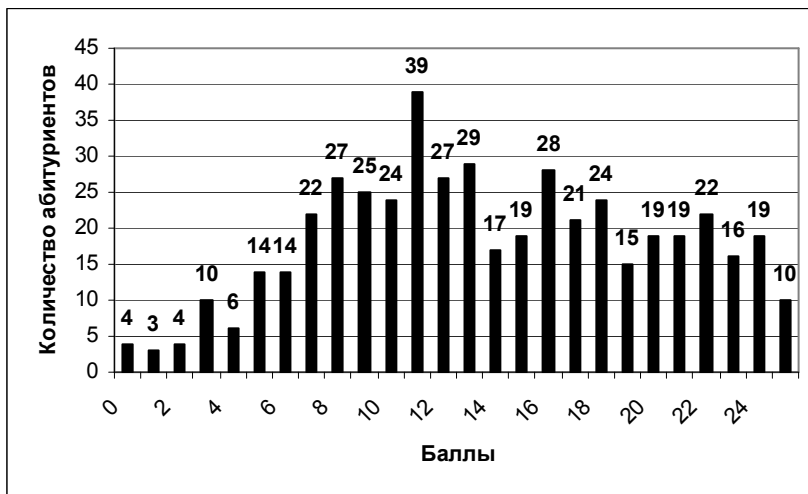
На химическом факультете в Олимпиаде приняло участие самое большое количество абитуриентов: 244 человека. Распределение их по техническим баллам (рис. 1) имеет сложный вид. Малое количество баллов (5 и меньше) и максимальное (25) получило наименьшее количество участников Олимпиады, полностью отсутствуют «пустые» работы (0 – 1 балл). Максимумы распределения приходятся на умеренно низкие (8, 11) и умеренно высокие (16, 18, 21) баллы. Распределение в целом явно смещено в область более высоких баллов.



**Рис. 1.** Распределение абитуриентов химического факультета по суммам баллов

Общая картина распределения абитуриентов, участвовавших в Олимпиаде «Ломоносов-2005» по химии на все четыре факультета МГУ, по полученным ими суммам баллов представлено на рис. 2. Здесь максимум распределения несколько смещен в об-

ласть низких баллов (11), однако количество работ с очень низкой (меньше 5) суммой технических баллов невелико. Полученные результаты подтверждают, что уровень сложности предложенного абитуриентам билета в целом вполне соответствует их подготовленности.



**Рис. 2.** Распределение абитуриентов МГУ по суммам баллов

Теперь проанализируем «выполняемость» каждого из заданий экзаменационного билета, т.е. среднее количество баллов, полученных за него абитуриентами, отнесенное к «цене» этого задания (рис. 3). Видно, что максимальную (близкую к единице) выполняемость имеют первые пять заданий, из них первое задание – 0.92. Минимальную (0.4 и меньше) выполняемость имеют задания 6, 9 и 10. Результат предсказуемый, поскольку два последних задания в билете всегда труднее других. При этом нужно отметить, что сложность задания 9 обусловлена скорее большим объемом требуемых вычислений, тогда как десятое задание сложно именно с химической точки зрения. Задание 6 носило «олимпиадный», творческий характер. Оно было связано с установлением продуктов фторирования фуллерена, причем в тексте задачи упоминался метод масс-спектрометрии, с которым большинство абитуриентов не знакомо даже понаслышке. Решается



это задание довольно просто, без привлечения специальных знаний по химии фуллеренов или основ масс-спектрометрии:

Пусть формулы продуктов фторирования фуллерена –  $C_{60}F_n$  и  $C_{60}F_m$ . Тогда массы этих продуктов составляют:

$$60 \cdot 12.01 + n \cdot 19.00 = 1594.6;$$

$$60 \cdot 12.01 + m \cdot 19.00 = 1632.6.$$

Решением этой системы уравнений являются  $n = 46$  и  $m = 48$ , следовательно, смесь состоит из двух продуктов фторирования –  $C_{60}F_{46}$  и  $C_{60}F_{48}$ . Пусть 1 моль смеси содержит  $x$  моль  $C_{60}F_{46}$  и  $(1-x)$  моль  $C_{60}F_{48}$ . Массовая доля фтора в этой смеси равна

$$\frac{19 \cdot (46x + 48(1-x))}{1594.6x + 1632.6(1-x)} = 0.55516. \text{ Отсюда } x = 0.333.$$

Ответ: 33.3%  $C_{60}F_{46}$  и 66.7%  $C_{60}F_{48}$ .

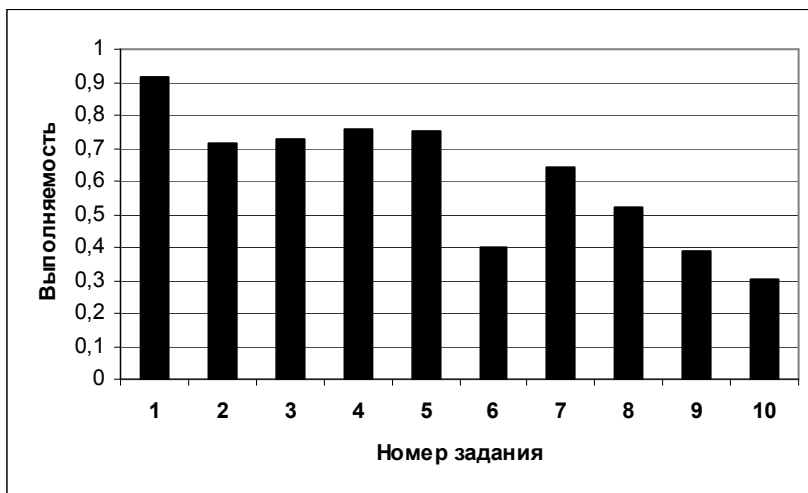


Рис. 3. «Выполняемость» заданий экзаменационного билета

Это задание было нацелено на проверку способности абитуриента применять имеющиеся у него знания и отработанные методы решения в новых проблемных ситуациях, и справились с ним абитуриенты неплохо.

Надеемся, что представленные нами результаты помогут экзаменаторам различных вузов составлять сбалансированные эк-

заменационные билеты с учетом общего уровня подготовленности абитуриентов и проводить корректную «разбалловку» заданий в билетах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арнольд В.И. Математический тривиум. – Успехи математических наук, 1991, т. 46, № 1, с. 225–236.
2. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Чуранов С.С. Сборник конкурсных задач по химии. – М.: Экзамен, 2001–2003.
3. Рыжова О.Н. Совершенствование механизмов взаимодействия средней и высшей школы в области химического образования. Диссертация на соискание ученой степени канд. пед. наук, М., МГУ, 2004 г.
4. Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах / под ред. Н.Е. Кузьменко и В.И. Теренина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 377 с.
5. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Теренин В.И. Анализ качества и сложности письменных заданий по химии на вступительных экзаменах в МГУ. – В сб.: Проблемы и перспективы развития химического образования. Тезисы докладов II Всероссийской научно-практической конференции. – Челябинск, 2006, с. 106–115.
6. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Теренин В.И. Методика составления конкурсных заданий по химии. В сб.: Четвертый Международный симпозиум «Химия и химическое образование», Владивосток, 16–19 мая 2007. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007, с. 286–289 (<http://marbio-www.dvgu.ru/chemsymp/index.html>).

Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
\*Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
Кузьменко Н.Е., Лукин В.В., Макаров Ю.Н. \*,  
Рыжова О.Н., Чирский В.Г. \*

## РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В ФУНДАМЕНТАЛЬНОМ ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

### 1. О фундаментальном университетском образовании

Статистические данные о профессиональном образовании в России свидетельствуют о повышении его доступности. За 1989–2002 гг. численность лиц с высшим образованием выросла в 1.5 раза [1], а студентов – более чем в 2.1 раза [2]. По относительной численности студентов высших учебных заведений Россия занимает одно из лидирующих мест в мире [3]. Данные государственной статистики о численности выпускников 11 классов и о приеме в российские вузы в последние годы сближаются. Высшее образование в России становится нормой, необходимым условием жизни в обществе. Однако *что есть высшее образование*, в обществе понимается неоднозначно. В России на начало 2003/2004 учебного года функционировало более тысячи вузов<sup>1</sup> (1232), из них около шестисот (578) – негосударственные [2, 4]. При этом все они выдают дипломы одинакового образца.

По сути, к настоящему моменту в российской системе высшего образования сформировались две подсистемы: одна – *массового* высшего образования, другая – *качественного (фундаментального) профессионального* образования.

Основным предназначением «массового» (или «общего») высшего образования является *социализация* учащихся. Не секрет, что сегодня для многих молодых людей наиболее привлекательными стали сферы управления и услуг. Именно в этих сферах работодатели предъявляют к персоналу прежде всего *общекультурные* требования: мобильность, коммуникабельность, способность быстро находить и усваивать нужную информацию. Массовое высшее образование отвечает именно таким требованиям, и

---

<sup>1</sup> Для сравнения: в СССР действовало около семисот вузов.

в настоящее время оно доступно практически для любого выпускника общеобразовательной школы.

Возможность получения *качественного фундаментального* образования обеспечивается поступлением в «элитные» вузы. Не претендуя на роль экспертов, отметим, что к числу элитных может быть отнесено большинство государственных вузов России. Нельзя не согласиться с утверждением ректора Московского университета, академика В.А. Садовниченко [5]: «*Фундаментальность высшего образования* – это соединение научного знания и процесса образования, дающее понимание того факта, что все мы живем по законам природы и общества, игнорирование которых малограмотным или невежественным человеком опасно для окружающих».

Еще раньше о роли фундаментального образования в процессе формирования специалиста говорил бывший ректор МГУ, академик Р.В. Хохлов [6]: «*Фундаментальные знания* – это те же конкретные знания, но в более концентрированном, в более абстрактном виде, для их получения нужен труд, всегда очень большой, целеустремленный. Фундаментальные знания – это знания не расчетчика, а теоретика, не клерка от науки, а мыслителя, творца. Конкретные вещи можно выучить, освоить, запомнить и пользоваться ими. Фундаментальные понятия и законы можно тоже выучить и запомнить, но сначала их нужно глубоко понять, прочувствовать всем нутром, ввести в язык своего мышления. Овладевая фундаментальными знаниями, специалист поднимается на высочайшую ступень понимания предмета, откуда уже открываются магистрали науки, ее самые оживленные перекрестки, открываются горизонты будущих открытий».

Отсюда можно сформулировать главную задачу университетов – это подготовка таких специалистов, которые, с одной стороны, хорошо представляют себе основные направления развития науки и могут самостоятельно выбрать наиболее перспективную для себя область для реализации своих знаний и стремления к научно-исследовательской работе, а с другой – способны к качественному, творческому выполнению конкретных дел и могут быть востребованы обществом.

Одной из неперенных составляющих качественного фундаментального образования является хорошая математическая под-

готовка студентов. Настоящая статья посвящена анализу роли и места преподавания математики в одном из ведущих химических вузов России – на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, как важнейшей составляющей процесса подготовки высококвалифицированного специалиста-химика.

## 2. О целях и задачах обучения математике студентов-химиков

Нельзя не согласиться с утверждением выдающегося русского математика академика В.И. Арнольда [7] о том, что о каких бы приложениях фундаментальной математики не говорили, речь всегда идет об одном и том же искусстве – искусстве математического описания окружающего мира. Другая статья В.И. Арнольда [8] начинается полемическим абзацем: *«Математика – часть физики. Физика – экспериментальная, естественная наука, часть естествознания. Математика – это та часть физики, в которой эксперименты дешевы»*. Если в процитированном абзаце вместо слова «физика» использовать слово «химия», то спорность утверждения, по-видимому, возрастет, но зато проблема «взаимоотношений» естественных наук с математикой еще более обнажится.

Так каково же место математики в образовании студента-химика, и каких целей стремятся достичь преподаватели математики? Общеизвестно, что роль математики, как основы фундаментального естественнонаучного образования, очень велика. Все *фундаментальные дисциплины* используют математические модели и абстракции для описания законов природы; кроме того, с развитием вычислительной техники все большее количество чисто математических дисциплин приобретает прикладное, важное для естественных наук значение. Однако изложить (даже на мехмате Московского университета!) все интересные, имеющие актуальные приложения математические дисциплины просто невозможно. Аналогичная ситуация складывается и с преподаванием естественнонаучных дисциплин, в том числе химических, поскольку полнота знаний в каждой конкретной дисциплине из-за необъятности накопленной к настоящему времени информации никогда не может быть достигнута. Поэтому очевидно, что акцент в преподавании нужно делать на восприятие идей, законов, принципов, кон-

цепций и обобщений. Выдающийся химик-органик, ректор МГУ конца 40-х – начала 50-ых годов прошлого века, академик А.Н. Несмеянов на лекциях говорил студентам: «Весь фактический материал вы можете найти в учебниках, а задача профессоров Московского университета – научить вас думать».

Можно сформулировать основную цель обучения математике следующим образом: дать возможность будущему специалисту-химику творчески и продуктивно использовать в своей работе быстро развивающиеся математические методы. Современный химик должен иметь представление о принципах построения математической модели и уметь использовать математические абстракции. Это предполагает высокий уровень математической культуры, прочные знания основных математических фактов и возможность самостоятельно совершенствовать свои знания, изучая те новые разделы математики, знание которых может потребоваться специалисту-химику в процессе научных исследований или же в его практической работе.

### 3. Математические дисциплины в учебном плане химического факультета

На химический факультет осуществляется единый прием, без деления на потоки и отделения, однако после успешной сдачи вступительных экзаменов и зачисления в МГУ, будущие первокурсники могут или остаться в группах **общего потока**, или подать заявление о зачислении в одну из **специализированных групп**. Отметим, что в спецгруппы (всего их четыре) проводится *отбор* студентов на собеседовании после зачисления. В спецгруппах студенты с первого курса изучают вместе с общими курсами еще и специальные дисциплины. Как правило, математика, физика и программирование в этих группах преподаются отдельно, по углубленной программе.

На протяжении пяти лет обучения как для студентов общего потока, так и для студентов специализированных групп учебный план химического факультета предполагает изучение разнообразных учебных дисциплин, которые можно сгруппировать в несколько циклов (химический, физический, математический, гуманитарный и пр.). Общее число академических часов по каждо-

му из учебных планов составляет величину порядка 5500. Посмотрим, какие химические и физические дисциплины необходимо изучить студенту химического факультета МГУ, и каков их объем (см. табл. 1).

Таблица 1

**Дисциплины химического и физического циклов в учебных планах химического факультета МГУ (число аудиторных часов)**

Дисциплины	Группы химического факультета				
	Общий поток	Специализированные группы			
		10	11	12	13
<b>Химические дисциплины</b>					
Неорганическая химия	444	412	394	444	444
Аналитическая химия	358	306	306	306	340
Органическая химия	444	444	304	356	376
Физическая химия	340	340	356	340	340
Кристаллохимия	54	54	72	72	54
Строение молекул	72	126	72	54	126
Коллоидная химия	108	108	108	108	108
Высокомолекулярные соединения	111	111	111	111	111
Химическая технология	120	90	120	120	120
<b>Доля химических дисциплин в учебном плане данной группы, %</b>	<b>40</b>	<b>35.5</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>35.5</b>
<b>Физические дисциплины</b>					
Механика. Электричество	96	64	64	64	64
Колебания. Оптика	144	72	72	72	72
Теоретическая механика	48	48			48
Теоретическая и квантовая механика				48	
Классическая механика и теория поля			96		
Основы квантовой механики	48				
Квантовая механика			72		
Квантовая химия			64		
Квантовая механика и строение вещества		126			126
Элементы строения вещества	32	32			32

Дисциплины	Группы химического факультета				
	Общий поток	Специализированные группы			
		10	11	12	13
Методы математической физики			96		
Элементы статистической физики				54	
Физика твердого тела				64	
Реальная структура твердого тела				48	
Статистическая термодинамика			72		
<b>Доля физических дисциплин в учебном плане данной группы, %</b>	<b>8.0</b>	<b>7.9</b>	<b>11.2</b>	<b>8.2</b>	<b>7.9</b>

Даже из наименований дисциплин этих двух циклов становится совершенно очевидно, что их изучение просто невозможно без должной математической подготовленности студентов. Именно поэтому кафедры математического анализа и теории вероятностей механико-математического факультета МГУ преподают на химическом факультете целый ряд математических дисциплин. Посмотрим, какой объем занимают различные математические дисциплины и программирование в учебных планах химического факультета с учетом специализации групп.

Студенты **общего потока** в первом семестре изучают математический анализ и аналитическую геометрию, общий объем – 72 лекционных часа и 90 часов семинаров (будем далее обозначать как 72+90). Во втором семестре изучаются математический анализ и линейная алгебра (объем – 64+64). На втором курсе, в третьем семестре изучаются математический анализ (36+36), теория вероятностей (преподают кафедра теории вероятностей механико-математического факультета, объем курса 36+36). В четвертом семестре студенты изучают математический анализ (32+32) и уравнения математической физики (16+32). В группе студентов, специализирующихся на кафедре **высокомолекулярных соединений** (10-е группы), и в группе **химиков-вычислителей** (13-е группы) сохраняются те же объемы часов.

Самое большое количество часов для изучения математики отведено в специализированной группе **физико-химиков** (11-е



группы). В первом семестре изучаются математический анализ (72+72) и аналитическая геометрия (36+36). Во втором семестре изучается математический анализ (48+48) и линейная алгебра (64+32). В третьем семестре математическому анализу отведено 54+54 часа, дифференциальным уравнениям – 36+36 часов. В четвертом семестре математическому анализу и методам математической физики уделяется по 64+64 часа каждому курсу. Кроме того, изучается теория вероятностей (16 + 32).

В спецгруппе **новых перспективных материалов и процессов** (12-е группы) в первом семестре изучаются математический анализ (54+54) и аналитическая геометрия (36+36). Во втором семестре – математический анализ (48+48), линейная алгебра (64+16). В третьем семестре изучаются математический анализ (36+36), дифференциальные уравнения (18+36). В четвертом семестре – математический анализ (32+32), уравнения математической физики (16+32) и теория вероятностей (16+32).

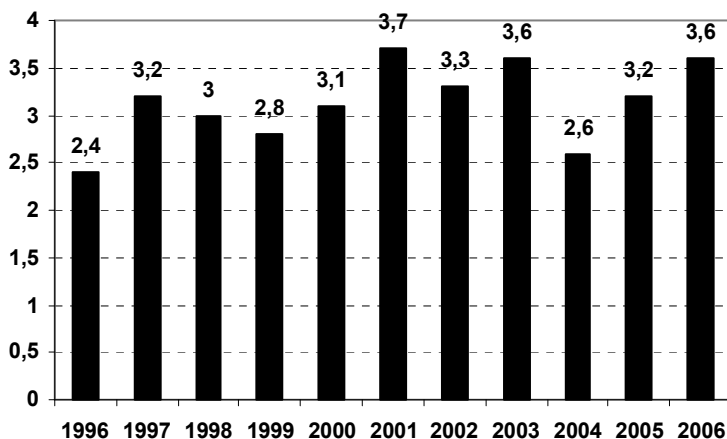
Таблица 2

**Дисциплины математического цикла в учебных планах химического факультета МГУ (число аудиторных часов)**

Дисциплины	Группы химического факультета				
	Общий поток	Специализированные группы			
		10	11	12	13
Математический анализ	324	324	380	340	324
Аналитическая геометрия	54	54			54
Аналитическая геометрия и векторная алгебра			72	72	
Линейная алгебра	48	48	96	80	48
Теория вероятностей	72	54	48	48	54
Дифференциальные уравнения			72	54	
Уравнения математической физики	48	48		48	48
Программирование и ЭВМ	102	102	48	86	102
Методы вычислений и программирование					68
Математические методы химии					120
Прикладная математическая статистика	32				
Численные методы в химии полимеров		100			
<b>Доля математических дисциплин в учебном плане данной группы, %</b>	<b>12.3</b>	<b>13.4</b>	<b>13.1</b>	<b>13.6</b>	<b>15.0</b>

Выбор предметов не случаен – они составляют основу практически всех современных прикладных математических дисциплин, без прочного усвоения которых научный сотрудник не сможет активно использовать математические методы и в дальнейшем самостоятельно совершенствовать свое знание математики. Освоение различных математических методов, обсуждение и анализ решений классических задач – значительный вклад в фундаментальную составляющую университетского образования, в развитие умения мыслить. Достижение поставленной образовательной цели – реальная, хотя и очень непростая задача, и ее успешное решение возможно благодаря сочетанию высокой квалификации преподавателей-математиков и достаточного интеллектуального уровня студентов и их дисциплины, традиционной для химического факультета.

Необходимым условием высокого уровня студента является высокий уровень довузовской подготовки абитуриента. В последнее десятилетие конкурс на химический факультет стабилен (см. рис. 1), на студенческую скамью приходят способные выпускники средних школ.



**Рис. 1.** Динамика конкурса на химический факультет МГУ  
(число заявлений на одно место)

Необходимо особенно подчеркнуть, что формирование качественного студенческого контингента – важнейшая составляющая получения фундаментального высшего образования. Так, в 2006 году план приема на 1 курс химического факультета составлял 215 человек, а это означает, что  $3.6 \times 215 = 774$  человека прилагали усилия, чтобы стать студентами. При этом 253 абитуриента представляли Москву, 100 – Московскую область (Подмосковье), 375 – более 50 областей, краев и республик Российской Федерации, и, наконец, 43 абитуриента из других стран (Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, Узбекистана, Украины и Эстонии). В последнее десятилетие на химическом факультете обучаются приблизительно 30-35% москвичей и 65-70% иногородних студентов, включая иностранцев. Вступительные экзамены на химический факультет проводятся по четырем предметам – по математике, физике, русскому языку и литературе (сочинение) и химии, при этом именно математика является профилирующим предметом. И на майской олимпиаде «Ломоносов», и во время основных вступительных экзаменов в июле экзамен по математике всегда сдается первым. Получив высший балл именно по математике, выпускники-медалисты зачисляются в МГУ без дальнейших экзаменов. Уровень требований по математике, предъявляемых к поступающим на химический факультет, всегда был достаточно высок [9]. В этом легко убедиться, познакомившись с вариантом экзаменационного билета по математике, который предлагался абитуриентам в июле 2006 г.

1. Решить неравенство  $\sqrt{1-|x|} \geq x - 2$ .

*Ответ:*  $[-1; 1]$ .

2. Решить неравенство  $\log_{1/2} \left( \frac{x+3}{x-2} \right) > 2$ .

*Ответ:*  $(-14/3; -3)$ .

3. Решить уравнение

$$\cos x + \sin x + \cos 3x + \sin 3x = -\sqrt{6} \cos x.$$

*Ответ:*  $\pi/2 + \pi k, -\pi/8 + (-1)^{n+1} \pi/6 + \pi n/2$ , где  $k, n \in \mathbb{Z}$ .

4. Биссектрисы внутренних углов в параллелограмме ABCD (AB||CD) образуют четырехугольник EFGH (каждая вершина ко-

торого получена как пересечение двух биссектрис). Найти сумму квадратов всех сторон в четырехугольнике EFGN, если известно, что  $AB = BC + 3/2$ .

*Ответ:* 9/2.

5. В прямой круговой конус вписан шар. Отношение площади полной поверхности конуса к площади поверхности шара составляет 49 : 12. Найти отношение удвоенного объема шара к объему конуса.

*Ответ:* 24 : 49.

6. Найти все значения параметра  $a$ , при которых уравнение

$$\sqrt{(x^2 + |x|)(x^2 + 5|x| + 6)} + 1 = 3|x| - 3ax - a^2 - a + 1$$

имеет корни, как большие  $-3$ , так и меньшие  $-3$ .

*Ответ:*  $(4 - \sqrt{7}; 4 + \sqrt{7})$ .

Успешно преодолев барьер вступительных экзаменов, 215 абитуриентов зачисляются на первый курс химического факультета. Однако некоторые абитуриенты становятся студентами, миновав стадию конкурсного отбора.

*На химический факультет МГУ без вступительных экзаменов зачисляются победители и призеры заключительного этапа Всероссийской химической олимпиады и Международной Менделеевской олимпиады школьников по химии, ежегодно в сумме это примерно тридцать человек. Эта наиболее мотивированная часть студентов является своеобразной «химической элитой», уровень их знаний по любимому предмету значительно превышает знания среднего студента-первокурсника. Результаты сдачи экзаменов, в том числе и по математическим дисциплинам, у этих студентов в первых четырех сессиях (I и II курс) заметно выше средних по курсу [10]. Традиционно значительная часть студентов – бывших победителей олимпиад выбирает и зачисляется в специализированные группы химического факультета (10, 11, 12 и 13), об особенностях учебного плана которых речь уже шла выше. Особой популярностью у этой категории студентов пользуются 11-ая и 13-ая группы, в учебном плане которых для изучения математики отведено наибольшее количество часов.*

#### **4. Методические особенности преподавания математики студентам-химикам**

Все вышесказанное предъявляет серьезные требования к методике преподавания математики на химическом факультете. В частности, остановимся подробнее на роли доказательств и вообще на уровне строгости изложения. Нередко приходится слышать мнение, что доказательствам следует обучать только студентов-математиков, а студентам других специальностей (например, химикам или биологам) достаточно просто формулировок теорем и иллюстраций этих теорем примерами. А время, освободившееся за счет доказательств, якобы лучше потратить на то, чтобы сообщить студентам-нематематикам по возможности больше математических фактов и понятий.

Позиция кафедр механико-математического факультета по этому вопросу базируется на анализе процесса обучения студентов и его результатов и состоит в следующем. Сообщенные без доказательства утверждения редко надолго сохраняются в памяти студентов, а общее представление о предмете и логические связи быстро исчезают. Как результат, эффективность такого обучения крайне низка. Вместе с тем доказательства теорем, в которых содержатся принципиально важные научные факты, способствуют формированию научного мировоззрения и позволяют студентам проследить творческий процесс создания математической теории. Вообще, мы считаем, что доказательства повышают уровень математической и логической культуры студента. Разумеется, если доказательство носит громоздкий характер (например, теорема о замене переменных в двойном интеграле или центральная предельная теорема в теории вероятностей), преподавателю необходимо ограничиться схемой доказательства, обсуждением условий и примерами применения теоремы.

Весьма успешным с точки зрения методики преподавания математики является прием, когда сначала формулируется задача, актуальность которой у студента-химика не вызывает сомнений (например, задача о решении системы линейных уравнений). Дальнейшее изложение ведется таким образом, чтобы студенты имели возможность обдумать процесс решения этой задачи, оценить остроумие предлагаемых методов, естественность и цен-

ность вводимых понятий, например векторов, матриц, определителей. В таком случае, что крайне ценно с методической точки зрения, студент ощущает личную сопричастность решению сформулированной задачи. Разумеется, это требует больших, чем простое перечисление определений и формулировок, усилий от преподавателей. Это возможно также лишь в аудитории достаточно сильных, заинтересованных студентов. Лекторы и преподаватели математики на химическом факультете неоднократно убеждались в том, что основной контингент студентов-химиков имеет достаточно высокий уровень математической культуры.

Приведем еще один пример вышеописанного подхода. Начиная на лекциях рассказ о так называемых основных теоремах дифференциального исчисления, лектор предлагает студентам подумать, существует ли связь между теоремой (Ферма) о том, что если функция в точке экстремума имеет производную, то эта производная равна нулю и, например, задачей о вычислении числа  $\lg 3$  с заданной точностью. Цепочка утверждений и удивительных по красоте и простоте доказательств приводит в итоге к следствиям этих основных теорем – формулам Тейлора, с помощью которых сформулированная задача (а также целый класс многих важных прикладных задач) получает естественное решение. Разумеется, проследив вместе с лектором весь этот путь (важнейшие шаги в котором были проделаны Ферма, Роллем, Лагранжем, Коши, Маклореном и Тейлором), студент получает существенно лучшее представление о математических методах решения практических задач, нежели просто услышав формулировку теоремы о формулах Тейлора.

Изложение теории вероятностей на химическом факультете ведется строго, на аксиоматической основе, и базируется на серьезных классических учебниках. Оно позволяет подготовленному химику выбрать адекватную модель изучаемого явления и привлечь дополнительную современную литературу, необходимую для правильного применения соответствующих вероятностных методов. Мы стремимся дать выпускнику факультета четкое понимание того, что теория вероятностей, как и любая математическая дисциплина, изучает не сами явления реального мира, а лишь их математические модели. При этом выбор модели остается за исследователем, адекватность же выбранной модели прове-

руется практикой. В результате, выпускник химического факультета подготовлен к тому, чтобы понимать научную и учебную литературу по теории вероятностей и ее приложениям, находить в ней сведения, нужные для решения своей практической задачи, и не пугаться при этом слов «вероятностное пространство», «сигма-алгебра», «борелевское множество» и т.д.

В процессе преподавания математических дисциплин *особую роль играют семинарские и практические занятия*. Сошлемся на слова академика Р.В. Хохлова [6] о том, что как бы ни были широки возможности специалиста, имеющего хороший теоретический багаж, высшая школа не может выпустить его из своих стен, не научив решать конкретные задачи, т.е. получать из фундаментальных знаний конкретные.

На семинарах по математическому анализу теоретические сведения, полученные на лекциях, иллюстрируются на примерах элементарных функций. Умение работать с элементарными функциями, строить их графики, вычислять приближенные значения, исследовать их асимптотические свойства необходимо при построении большинства математических моделей (отметим, что все основные элементарные функции сами являются моделями важных природных процессов). В результате студенты получают прочные навыки вычисления производных, интегралов, определителей – не будем подробно перечислять все эти основные понятия. Сказанное в такой же степени относится и к курсу теории вероятностей.

Отметим, что преподавание математических дисциплин на химическом факультете совершенствуется на протяжении более 75 лет его функционирования [11]. Хотя читаемые на химическом факультете курсы высшей математики имеют достаточно устойчивые программы, происходящие в науке перемены (прежде всего – развитие вычислительной техники) находят в них свое отражение, например, в более четком изложении основ математической логики, необходимых для изучения курса программирования. Все большее внимание уделяется и вычислительным задачам. В этой связи следует отметить проблему, решение которой значительно усилит связь преподаваемых математических курсов с практическими потребностями специалистов-химиков. Как уже отмечалось, математические методы широко применяются к мо-

делям изучаемых химических явлений. Для оценки адекватности выбранной вероятностной модели служит математическая статистика. Хотя элементы статистики всегда в той или иной форме преподносились в курсе теории вероятностей, бурное развитие вычислительной техники повлекло за собой развитие современных статистических методов, и примитивные расчеты на калькуляторе уже не могут обеспечить реальные потребности в статистических расчетах. Поэтому на химическом факультете с 2007 года на втором курсе (IV семестр) введен *самостоятельный практический курс* (лекции плюс вычислительный практикум) *прикладной математической статистики* объемом 32 часа, который студенты слушают вслед за курсом теории вероятностей, прочитанным им в III семестре – см. табл. 2.

## 5. Вместо заключения

В целом, практика преподавания математических дисциплин на химическом факультете – удачный пример межфакультетского сотрудничества, обеспечивающего высокое качество подготовки выпускников МГУ. Действительно, уровень выпускников химического факультета таков, что позволяет им дальше успешно вести научную работу и становиться кандидатами и докторами как химических, так и физико-математических наук. Так, за 2001 – 2006 годы среди множества защищенных на химическом факультете диссертаций было защищено более 10 кандидатских и докторских диссертаций по физико-математическим наукам. В качестве примера отметим, что только на одной кафедре физической химии (самой большой кафедре Московского университета) работают 8 докторов и 15 кандидатов физико-математических наук.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основные итоги переписи населения 2002 г. Госкомстат РФ, 2003.
2. Образование в Российской Федерации. Статистический сборник. – М.: Министерство образования РФ, ГУ-ВШЭ, ЦИСИ, 2003.
3. Полетаев А.В., Савельева И.М. Спрос и предложение услуг в сфере среднего и высшего образования в России. – М.: ЦИСИ, 2001.
4. Формула Зернова. – Платное образование, 2004, № 7–8, с. 14–20.



5. Садовничий В.А. Высшая школа России: традиции и современность. Доклад на VII съезде российского союза ректоров 6 декабря 2002 г. В кн.: Материалы комиссии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по академическим вопросам за 2001–2002 гг. Сборник научно-методических докладов / Под ред. В.И. Трухина, К.В. Показеева. М.: МГУ, 2003, стр. 9–20.

6. Хохлов Р.В. Время познания. Цит. по кн.: В.И. Григорьев. Рем Викторович Хохлов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981, с. 19.

7. Арнольд В.И. Математика и физика: родитель и дитя или сестры? – Успехи физ. наук, 1999, т. 169, № 12, с. 1311–1323.

8. Арнольд В.И. О преподавании математики. – Успехи матем. наук, 1998, т. 53, № 1, с. 229–234.

9. Козко А.И., Макаров Ю.Н., Чирский В.Г. Математика. Письменный экзамен. Решение задач. Методы и идеи: учебное пособие. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 511 с.

10. Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Демидова Е.Д., Лунин В.В. Система предметных олимпиад как инструмент отбора одаренных абитуриентов. – В сб.: Современные тенденции развития химического образования: от школы к вузу / под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006, с. 90–97.

11. Химический факультет МГУ. Путь в три четверти века. Отв. ред. академик В.В. Лунин. – М.: ТЕРРА-Календер, 2005. – 304 с.

## ОЛИМПИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

---

Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
*А.К. Гладилин*

### **ОБЩИЕ ЧЕРТЫ И РАЗЛИЧИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОЛИМПИАДАХ ВЫСШЕГО УРОВНЯ**

Ни у кого не вызывает сомнений, что предметные олимпиады школьников, в том числе химические, являются важным звеном в системе естественнонаучного образования разных стран. Эти соревнования позволяют молодым людям, проявляющим глубокий интерес к точным наукам, продемонстрировать свои лучшие качества: эрудицию, творческое начало, умение мыслить логически, способность быстро овладевать новыми для них знаниями. В данной статье мы проанализируем особенности олимпиад высшего уровня и их значимость для химического образования.

Во многих странах – бывших республиках СССР – за последние 15 лет сложилась стройная система предметных олимпиад (подробная информация о таких олимпиадах в России представлена в [1]). Национальные состязания включают несколько этапов, при этом участники, наиболее удачно выступившие на данном этапе, выходят в следующий круг соревнований. Лучшие из лучших – победители заключительного этапа, к тому же успешно прошедшие специальный отбор, попадают в сборную команду страны для участия в Международной олимпиаде.

С точки зрения олимпиадного движения химия стоит особняком среди других естественных наук. Лишь химическому образовательному сообществу удалось сохранить и далее развивать олимпиаду, которая ранее называлась Всесоюзной, а теперь – Международной Менделеевской. Особая заслуга в этом принадлежит декану химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессору, академику РАН Валерию Васильевичу Лунину.

Часто приходится слышать споры о том, какая же олимпиада лучше (интереснее, полезнее, справедливее, более творческая – список можно продолжить). Автор этих строк с 1996 г. входит в состав Методической комиссии Всероссийских химических олимпиад (далее РХО), с 2003 г. – участвует в работе аналогичной комиссии Международной Менделеевской химической олимпиады (далее ММО), с 1997 г. – один из научных руководителей сборной команды России на Международных химических олимпиадах (далее МХО), секретарь оргкомитета 28-ой МХО и сопредседатель научного комитета 39-ой МХО, которая состоялась в июле 2007 г. в Москве на базе химического факультета МГУ. Целью данной статьи не является поиск ответов на обозначенные выше вопросы (во многом это дело вкуса). Однако участие в работе всех трех химических олимпиад высшего уровня создает предпосылки для их совместного анализа, поиска общего и различий, выявление специфики той или иной олимпиады (более подробно ознакомиться с химическими олимпиадами можно в работах [2-6], а также на сайтах [7, 8]).

### **Участники олимпиады и критерии отбора**

*РХО.* В заключительном, пятом этапе РХО участвуют победители четвертого, окружного этапа, а также победители предыдущей РХО, которые получают персональные приглашения (естественно, если они еще не стали студентами университетов). Представительство территорий четко регламентируется Положением о РХО, так что численный состав участников заключительного этапа стабилен. Неудивительно, что в составах команд округов присутствуют лучшие из лучших.

Главной отличительной чертой этой олимпиады является то, что между собой соревнуются школьники-одногодки, обучающиеся в одном и том же классе. Зачет ведется отдельно для учеников 9-го, 10-го и 11-го классов. В то же время в ММО и МХО никакого деления на классы нет: все участники соревнуются друг с другом. В олимпиаде принимает участие порядка 50–60 учеников из каждого класса, соответственно, общее число участников составляет около 170 человек.

*ММО.* В настоящее время в олимпиаде принимает участие порядка 15 команд. В состав каждой команды может входить до четырех школьников. Исключение составляют Беларусь, Россия и Украина, представительство которых, в силу исторических причин, более многочисленное (российская команда, самая большая на ММО, включает десять школьников), а также страна-организатор очередной олимпиады. Из стран бывшего СССР в олимпиаде не участвует только Грузия. В последние годы к ММО стали подключаться новые команды: Болгария, Румыния, Македония. Большой интерес к этому соревнованию проявляют руководители органов образования Словакии, Венгрии, Австрии, Германии, Израиля и ряда других стран. Вполне вероятно, что мы являемся свидетелями процесса постепенного превращения ММО из олимпиады стран постсоветского пространства в соревнование евроазиатского масштаба. Такой процесс не может осуществиться мгновенно, поскольку требует значительных экономических ресурсов. Тем не менее, признаки расширения сферы влияния ММО налицо.

Составы большинства команд, участвующих в ММО, формируются по результатам национальных олимпиад. В большинстве случаев – это победители и призеры. Есть и некоторые исключения. Так, Украину обычно представляют ученики предпоследнего класса школы, поскольку их старшие товарищи в эти же сроки проходят тренировочные сборы к МХО (хотя в последние годы здесь наметились изменения, и в составе команды этой страны оказываются один-два сильнейших на данный момент школьника, которые участвуют в МХО того же года). Сроки проведения ММО и Олимпиады стран Балтии также часто совпадают, в связи с чем Латвия, Литва и Эстония не всегда представлены лучшими силами. Однако следует подчеркнуть, что составы большинства команд самые оптимальные и боевые.

В ММО последних лет участвует 75–85 школьников.

*МХО.* Большинство команд-участниц представлено лучшими из лучших – победителями национальных олимпиад. От одной страны может участвовать максимум четыре школьника, и почти все команды эту возможность используют. Исключение составляют страны со сложной внутренней экономической ситуацией, например Куба, которую обычно представляет лишь один школь-

ник. В основном, школьники принимают участие в МХО лишь один раз, после чего поступают в высшие учебные заведения. Однако иногда руководители команд включают в состав одного-двух участников младшего возраста, у которых есть возможность сначала набраться опыта, а уж на следующий год показать максимальный результат (к слову, этот расчет оправдывается далеко не всегда). Следует подчеркнуть, что, в отличие от РХО и ММО, где соревнуются в основном молодые люди 16–17 лет, в МХО могут принимать участие школьники до 20 лет, что связано с особенностями образовательных систем ряда стран. Таким образом, представителям стран СНГ зачастую приходится соревноваться с соперниками, которые на 2-3 года старше, и тем не менее опыт показывает, что возрастной фактор едва ли можно считать определяющим.

В 2006 году в МХО приняло участие 254 школьника из 66 стран, а на МХО-2007 в Москве соревновались уже 256 представителей из 68 стран. Количество стран-участниц МХО постоянно растет (так, в МХО-1996, которая также прошла в Москве, выступали школьники из 45 стран), и думается, эта тенденция в ближайшие годы сохранится.

### **Средний уровень участников олимпиады**

*РХО.* Естественно, уровень представителей различных территорий неодинаков, есть округа, команды которых традиционно сильнее. Но здесь, как говорится, год на год не приходится. Участники всех команд время от времени «выстреливают» и делегируют своих представителей как в призеры РХО, так и в состав сборной команды России. Следует обратить внимание, что результаты участников не всегда коррелируют с уровнем экономического развития субъектов Российской Федерации, которые они представляют. Так, москвичи и петербуржцы, для которых наиболее доступны химическая литература, Интернет, специализированные школы, материальная база научных и образовательных учреждений, не всегда оказываются в числе победителей – обладателей дипломов I степени. В целом, можно заключить, что состав участников этой олимпиады традиционно высок.

*ММО.* В данном соревновании участвуют победители национальных олимпиад. Конечно же, среди стран-участниц есть многолетние лидеры, а есть команды, чьи результаты скромнее. Причин тому много: различное экономическое положение стран, неодинаковый уровень развития образовательных систем, разная численность населения. Тем не менее, результаты последних ММО (победителями олимпиад становятся представители 12–13 команд) однозначно говорят в пользу того, что уровень команд неуклонно выравнивается. При этом следует подчеркнуть, что это связано не с тем, что лидеры сдают позиции, а с повышением уровня всех без исключения команд.

*МХО.* Уровень команд, участвующих в этой олимпиаде, стабильно различен. Наряду с двумя десятками традиционных лидеров (многие из которых являются участниками ММО), есть довольно большая группа команд среднего уровня, к числу которых, как ни странно, принадлежат представители многих весьма благополучных стран Западной Европы. Есть и аутсайдеры, в основном это страны, которые начали участвовать в МХО недавно.

В целом, можно заключить, что по среднему уровню участников все три олимпиады сравнимы.

### **Структура соревнования, количество туров**

Во всех трех олимпиадах есть много общего, но есть и существенные различия.

*РХО.* Эта олимпиада проводится в три тура: два теоретических и один экспериментальный. Первый теоретический тур – «обязательный». Данное название подразумевает, что школьники должны решить все из предложенных задач средней степени сложности (по крайней мере, проверяются все задачи, после чего суммируются все баллы, что и является результатом участника в этом туре). Основная цель «обязательного» тура – проверить базовые знания школьников и их навыки в решении задач.

Второй тур – также теоретический, но уже «по выбору». Все области химии группируются в 4 раздела (структура заданий этого тура год от года претерпевает небольшие изменения). Школьники получают единый для всех участников комплект. Они должны выбрать и решить по одной задаче из каждого раздела. В

принципе, они могут решить и большее число задач, но «в зачет» им пойдет лишь по одной задаче из каждого раздела, по которой они показали наилучший результат. Количество задач в разделах неодинаково. Это связано с тем, что в олимпиаде принимают участие представители разных классов. Школьники 9-го класса только начинают изучение химии, от них трудно ожидать глубоких познаний, скажем, в органической или физической химии, соответственно, число задач по неорганической химии в комплекте максимально, чтобы реально обеспечить даже девятиклассникам возможность выбора.

Завершающий этап соревнования – экспериментальный тур. Как правило, задания этого тура на РХО уступают по сложности задачам теоретических туров, что связано с огромными затратами на подготовку и проведение практических задач. Тем не менее, тур этот вполне дискриминирующий и позволяет выявить участников с устойчивыми навыками экспериментальной работы. В целом, следует отметить, что зачастую умение работать в лаборатории оказывается «слабым звеном» российских участников на ММО и МХО.

На долю экспериментального тура РХО приходится 20% всех баллов олимпиады. Эта величина объективно отражает соотношение сложности заданий туров олимпиады, но, к сожалению, едва ли стимулирует участников олимпиады к работе над совершенствованием своих практических навыков во время подготовки.

*ММО.* Структура этой олимпиады в целом сходна с таковой на РХО. Но есть и существенные различия. Все участники ММО соревнуются в одной группе. Комплект заданий теоретического тура «по выбору» включает пять разделов, при этом количество задач в каждом разделе одинаково – по три. Соответственно, комплект ММО, на мой взгляд, выглядит более сбалансированным (не в обиду составителям заданий РХО – у них просто нет возможности сделать по-другому). В целом, уровень заданий теоретических туров по выбору на РХО и ММО практически одинаков и чрезвычайно высок. Зачастую эти задания оказываются гораздо более сложными, чем задачи на МХО.

Задания экспериментального тура ММО (порядка 25% всех баллов) обычно несколько сложнее, чем на РХО, но все-таки уступают практическому туру МХО.

МХО состоит из двух туров: экспериментального и теоретического. При этом на долю «эксперимента» приходится 40% баллов, что существенно отличает эту олимпиаду от РХО и ММО. Практические задания на МХО в большинстве случаев весьма сложны, и эта часть олимпиады обычно оказывается одной из самых затратных для организаторов. Кроме того, участники оказываются в жестких временных рамках, что обуславливает необходимость доведения базовых практических навыков школьников до автоматизма. Думается, это и является существенным резервом для повышения результатов на МХО школьников из России, да и из других стран-участниц ММО.

Что касается заданий теоретического тура, то их уровень нестабилен и варьируется в широких пределах от олимпиады к олимпиаде (о причинах см. ниже раздел «Авторы заданий»).

### **Научная программа олимпиады**

По данному параметру РХО и ММО весьма похожи: школьники и руководители команд, приезжая на олимпиаду, ни коим образом не догадываются, какие разделы химии и темы легли в основу заданий текущего года.

Совсем иная картина на МХО. Лет двадцать назад руководящий орган МХО разработал Программу теоретического экзамена (так называемый Силлабус). Впоследствии программа несколько раз претерпевала изменения (необходимость кардинальных изменений назрела в очередной раз в настоящее время), а лет десять назад был составлен аналогичный Силлабус и для экспериментального тура. В настоящее время Силлабус представляет собой набор тем и подтем из всех областей химии, при этом позиции списка группируются также и по уровню сложности. Страна-организатор обязана заблаговременно известить всех участников о выбранных ей темах повышенной сложности и предложить на базе этих разделов комплект тренировочных задач. Согласно Правилам МХО, количество разделов повышенной сложности ограничено тремя, однако анализ заданий последних лет показывает, что в большинстве случаев организаторы не следуют этому правилу, в результате чего комплект базируется на 10–12 таких темах.



В целом, участники МХО имеют вполне четкое представление о том, с чем им предстоит столкнуться на олимпиаде. На мой взгляд, это не слишком хорошо, поскольку повышает соревновательную составляющую олимпиады, при этом принижая научную и творческую. Научные программы РХО и ММО находятся в настоящее время на разной стадии разработки. Безусловно, такие программы нужны, поскольку являются отправной точкой при подготовке школьников. Однако хочется надеяться, что эти олимпиады не пойдут по пути МХО, и от участников и впредь будут требоваться широкие (и глубокие!) химические познания, а не натренированность в отдельных областях химии.

### **Язык олимпиады**

Язык, на котором проходит та или иная олимпиада, является во многом определяющим фактором.

Естественно, РХО проводится на русском языке, что определяет возможность включения в задачи вопросов, требующих пространственных размышлений школьников. Это, с одной стороны, хорошо, поскольку позволяет более точно оценить логику, которой пользовался то или иной участник при решении задачи. С другой стороны, это существенно осложняет проверку решений, поскольку далеко не всегда удастся понять, что же все-таки участник написал. Методическая комиссия РХО решила не идти по пути других химических олимпиад, сохранив на будущее существующий формат и отказавшись от листов ответов.

Изначально рабочим языком ММО был русский (сохранение русского языка как средства общения химиков на постсоветском пространстве является одной из основных и, безусловно, значимых задач ММО, поскольку значительная часть доступной научной и учебной литературы в странах-участницах издавалась на русском языке еще во времена Советского Союза). В последние годы, в связи с вовлечением в ММО новых стран из Центральной Европы, наряду с русским все активнее используется английский язык. Последние несколько лет участникам предлагаются задания на двух языках, при этом руководители ряда команд осуществляют перевод заданий на родной для их школьников язык. Участие в олимпиаде представителей разных стран предопределяет

четкую структуру вопросов и ответов, ведь однозначно можно проверить лишь химические формулы, уравнения реакций численные ответы.

В еще большей степени такая формализация проявляется на МХО. Рабочий язык этой олимпиады – английский, однако руководители команд всех стран, которые не относятся к англоговорящим, переводят задания и листы ответов на родные языки, ведь школьники соревнуются в знании химии, а не английского языка. Перевод заданий – одна из самых существенных и сложных составляющих МХО для руководителей, ведь качество перевода в значительной степени определяет результаты школьников.

### **Авторы заданий**

И здесь есть существенные различия между рассматриваемыми олимпиадами. Задания РХО и ММО разрабатываются постоянно действующими Методическими комиссиями (в состав такой комиссии РХО входят представители различных территорий России, а ММО – различных стран-участниц). Наличие таких комиссий, с одной стороны, предопределяет стабильно высокий уровень заданий, с другой стороны, делает задачи более или менее предсказуемыми. Негативные аспекты удается частично преодолеть путем постоянного обновления методических комиссий: новые участники привносят разнообразие в работу составителей задач.

Задания МХО составляются Научным комитетом страны-организатора и, соответственно, авторы задач каждый год меняются. К положительным моментам такого подхода следует отнести национальную специфику комплектов заданий, к отрицательным – сильно различающийся уровень задач. Иногда это приводят к неблагоприятным ситуациям, когда значительная часть участников выполняет более 90% заданий, в результате чего определяющими становятся не химические знания, а элементарная внимательность, в то время как «зазоры» между участниками, завоевавшими медали различного достоинства, составляют десятые балла. Пути преодоления данных недостатков в настоящее время активно обсуждаются руководителями команд-участниц МХО.

## Арбитраж

Арбитраж (или, как его часто называют, показ работ) на РХО и ММО организован следующим образом. Школьники знакомятся с оценками своих работ, которые выставили авторы задач – члены Жюри. В случае несогласия, участники имеют право обратиться к присутствующим в зале членам Жюри и уточнить те или иные моменты и обосновать свою просьбу изменить выставленные баллы. На РХО такое обсуждение зачастую выходит за рамки показа работ и превращается в широкую научную дискуссию, что, безусловно, интересно, но не слишком удобно с организационной точки зрения. На ММО показ работ осуществляется несколько жестче, что связано с необходимостью предоставить равные условия всем участникам, часть которых не владеет в совершенстве русским языком.

Арбитраж на МХО организован совершенно по-другому. От участников олимпиады в нем задействованы руководители команд, которые, наряду с представителями Научного комитета страны-организатора, проверяют работы школьников. Соответственно, во время арбитража стороны сравнивают выставленные оценки и приходят к компромиссу (который зачастую не устраивает в полной мере ни ту, ни другую сторону). Такая организация арбитража на МХО неизбежна в связи с большим числом участников и исключительным разнообразием языков.

Трудно сказать, какая из систем лучше. Участвуя в показе работ на РХО и ММО, школьники приобретают и оттачивают навыки ведения научных дискуссий, учатся отстаивать свою точку зрения в беседе с членами Жюри, существенно превосходящими их по возрасту и жизненному опыту. Все это, безусловно, важно и позитивно. Однако в ряде случаев это приводит к чрезмерному звучанию соревновательной составляющей олимпиады, принижая ее научное и образовательное значение.

## Мотивация участников

Любая олимпиада, в том числе и химическая – это соревнование. А какое соревнование может быть без мотивации участников? Так какова же она в различных химических олимпиадах?

Цели и задачи школьников, приезжающих на РХО, очевидны. Хорошее выступление на олимпиаде позволит им претендовать на место в составе сборной России на ММО и МХО, а ученикам выпускного класса – также завоевать право поступления в ведущие высшие учебные заведения страны без вступительных экзаменов.

Мотивация участников ММО также вполне очевидна: победа в этой олимпиаде обладает исключительной самостоятельной ценностью. Кроме того, эта олимпиада рассматривается во многих странах как один из ключевых этапов формирования национальной команды для участия в МХО. Для участников ММО – нероссиян это также шанс быть зачисленными без вступительных экзаменов на химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

Несколько сложнее с мотивацией участников на МХО. Это завершающее соревнование, которое в судьбе школьника определяет не так уж много. В большинстве случаев на эту олимпиаду едет уже состоявшийся студент какого-либо университета, который с сентября войдет в новую, взрослую жизнь. Тем не менее, за годы работы со сборной командой России я могу припомнить лишь два-три случая, когда школьники решали, что попадание в команду – это предел мечтаний и дальше можно расслабиться и просто наслаждаться пребыванием в другой, зачастую экзотической, стране. Анализируя данную ситуацию, я пришел к выводу, что до вершин олимпиадного движения добираются (за редким исключением) люди с огромной внутренней мотивацией. Заставить себя «пахать» изо дня в день, когда твои одноклассники замечательно проводят досуг, могут только исключительно целеустремленные люди. Да и честь Родины, города, школы, которую они защищают, для них в большинстве случаев – не пустые слова.

## Результаты

Теперь, когда мы рассмотрели все (или почти все) составляющие олимпиад, самое время перейти к результатам участников. Как мы уже говорили выше, в ММО и МХО в большинстве случаев участвуют победители национальных олимпиад. Соответственно, представляется интересным сравнить результаты одних и тех же участников, которые они показывают на различных

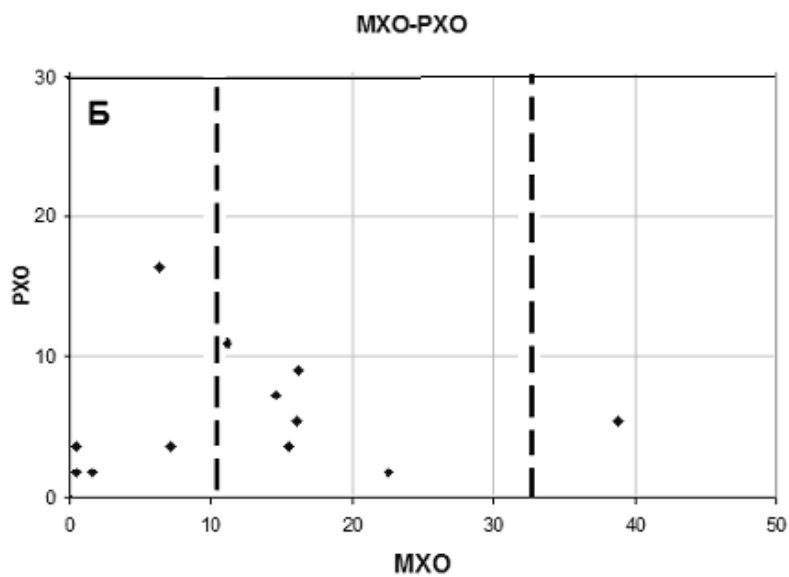
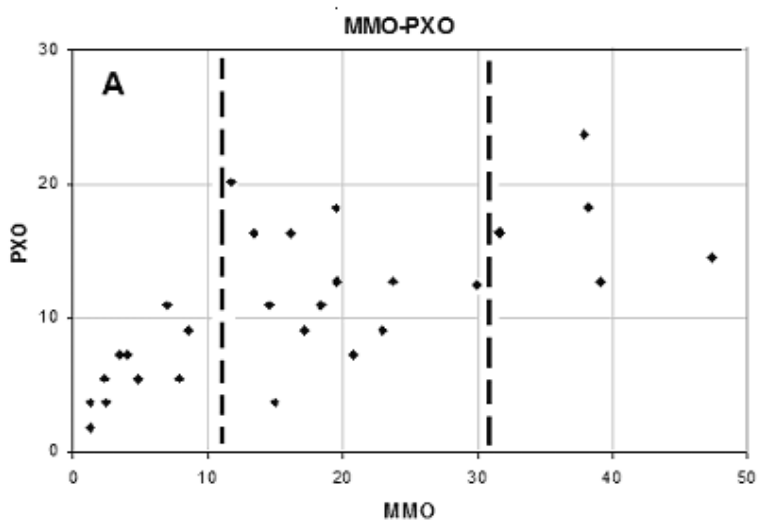
олимпиадах, ведь это позволит получить оценку уровня сложности заданий и, возможно, приблизиться к ответу на вопрос, на какой олимпиаде проще стать победителем.

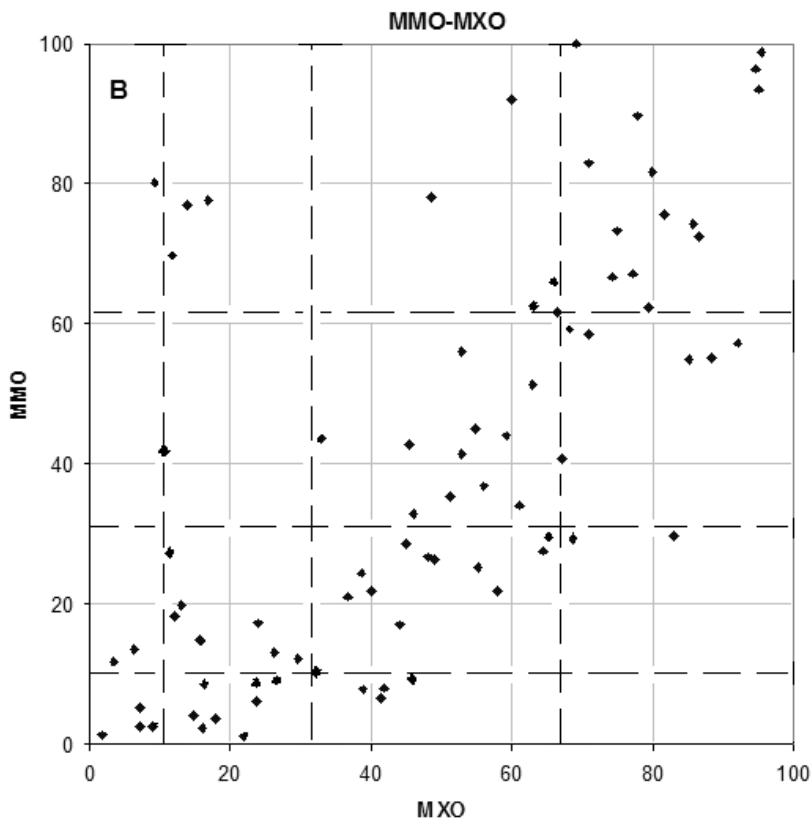
На рис. 1 представлено сравнение результатов, показанных школьниками в период с 2004 по 2006 год на различных олимпиадах в пределах одного и того же года. Первое, что бросается в глаза, это отсутствие необходимости использовать всю шкалу на графиках **А** и **Б**, что говорит о силе участников российской команды на международных олимпиадах.

Анализ графика **А** позволяет выявить две области. Самые сильные российские школьники выступают одинаково успешно на РХО и ММО, в то время как результаты «второго эшелона» на ММО существенно скромнее. Это является безусловным подтверждением высокого уровня ММО.

Анализ графика **Б** затруднителен: никаких устойчивых закономерностей обнаружить не удастся. Причин тому можно привести несколько. Одна из них заключается в том, что форматы РХО и МХО отличаются в наибольшей степени. Другая связана с тем, что различие в одно-два места на РХО не всегда адекватно отражает реальную разницу в уровне подготовки участников российской команды на МХО. Кроме того, МХО зачастую проходят в экзотических для россиян странах (из трех последних олимпиад две прошли в дальневосточных странах: на Тайване и в Корее). Участники олимпиады – еще совсем молодые люди, и им не в равной степени удастся приспособиться к необычному климату и кухне, разнице во времени и т.п. Не добавляет строгости анализу и примененная автором система приведения результатов школьников разных классов к «единому знаменателю» (см. подпись к рис. 1). Этот подход не является абсолютным, тем не менее, вытекает из многолетнего опыта автора в проведении летних учебно-тренировочных сборов перед МХО, во время которых кандидаты в сборную России из разных классов соревнуются в единой группе.

Более всего «экспериментальных» данных присутствует на графике **В**. Наверное, и пищу для размышлений он дает наиболее обильную. Первый, и самый главный, итог – результаты подавляющего большинства школьников на ММО и МХО отличает высокая степень корреляции, причем это справедливо для всего





**Рис. 1.** Корреляционный анализ результатов школьников, участвовавших в химических олимпиадах высшего уровня в 2004–2006 гг.

Олимпиады сравниваются попарно: **А** – РХО и ММО, **Б** – РХО и МХО, **В** – ММО и МХО. По осям отложены места школьников, занятые ими на той или иной олимпиаде, отнесенные к общему числу участников данной олимпиады. Пунктирными линиями отмечены типичные границы, разделяющие области медалей разного достоинства на ММО и МХО (слева направо: золотые, серебряные, бронзовые). Аналогичные границы для РХО неприменимы, поскольку количество дипломов одной и той же степени варьируется год от года и не определяется общим числом участников. В целях приведения к единой шкале достижений школьников из разных классов на РХО к результатам десятиклассников прибавлено 5 мест.

диапазона данных (то есть и для самых сильных, и для не столь успешных, и для относительно слабых участников). Это подчеркивает исключительное сходство двух международных олимпиад по профилю участников. На графике можно выявить лишь два отклонения от общей тенденции. Во-первых, это группа участников, которые на ММО получают «последние» золотые медали, а на МХО – лишь бронзовые награды. Для большей наглядности приведу абсолютные цифры: эти школьники занимают 5÷8 места на ММО и 75÷95 места на МХО. Причиной тому, на мой взгляд, является крайне жесткая конкуренция среди ведущих команд мира, участвующих в МХО. Выделяется также группа участников, тенденция выступления которых на международных олимпиадах прямо противоположна (точки в левом верхнем углу). Вслед за 60÷70 местами на ММО они завоевывают золотые и серебряные награды на МХО. Найти объяснение таким результатам непросто, разве что это связано с целенаправленной подготовкой данных школьников именно к МХО.

Тем не менее, доля результатов, не вписывающихся в общую тенденцию, невелика (менее 10%). Таким образом, справедливым оказывается вывод, что выиграть и ту, и другую международные олимпиады одинаково сложно.

### **Заключение**

Проведенный выше анализ позволил структурировать представления о химических олимпиадах, а также высветил специфические стороны того или иного соревнования. Однако в результате автор этих строк пришел к банальному, но, тем не менее, на его взгляд справедливому заключению: все рассмотренные химические олимпиады отличает исключительно высокий уровень, в связи с чем достоверно выявить лучшую из них не представляется возможным. В чем можно быть абсолютно уверенным, так это в том, что стремление к победе в любой из олимпиад заслуживает всяческого уважения. Главное, чтобы участники не забывали, что это лишь соревнование, это лишь начало их длинного и, хочется верить, успешного пути в науке.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Всероссийская олимпиада школьников: история и современность / Научный редактор Э.М. Никитин. – М.: АПК и ППРО, 2005. – 148 с.
2. В.В. Лунин, О.В. Архангельская, И.А. Тюльков. Всероссийская олимпиада школьников по химии. – М.: АПК и ППРО, 2005. – 128 с.
3. Задачи Всероссийских олимпиад по химии / под общей редакцией В.В. Лунина – М.: Экзамен, 2004. – 478 с.
4. В.В. Лунин, В.Г. Ненайденко, О.Н. Рыжова, Н.Е. Кузьменко. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад / под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Наука, 2006. – 384 с.
5. V.V. Lunin, V.G. Nenajdenko, O.N. Ryzhova, N.E. Kuz'menko. Chemistry of 21<sup>st</sup> Century: International Mendeleev Chemistry Olympiad / Ed. V.V. Lunin. – Moscow: Moscow University Press, 2007. – 443 p.
6. Задачи Международных химических олимпиад 2001–2003 / под общей редакцией В.В. Еремина. – М.: Экзамен, 2004. – 416 с.
7. [www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru)
8. [www.icho39.chem.msu.ru](http://www.icho39.chem.msu.ru)

## **ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СФЕРЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**

Предметные олимпиады школьников являются неотъемлемой инновационной составляющей образования в России. Это одна из наиболее результативных форм выявления одаренных детей и работы с ними и их наставниками. Необходимость такой работы всегда актуальна.

Наука развивается стремительными темпами. Поэтому особое значение приобретает раннее самоопределение школьников, ранняя их ориентация в выборе специализации.

Олимпиада на всех ее этапах – творческая система, развивающая активный интерес учащихся к химии, в конкретных формах осуществляющая дифференцированный подход по отношению к учащимся, обладающим глубокой химической интуицией.

Славные традиции проведения олимпиад по химии заложены еще в конце 30-х годов XX века.

Основоположителем химических олимпиад школьников был чл.-корр. АН СССР, профессор, заведующий лабораторией специального органического синтеза и анализа химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Александр Петрович Терентьев. Первые химические олимпиады школьников состоялись в Москве и Ленинграде в 1938 г. Основной их формой являлись заочные олимпиады. Вторая мировая война приостановила развитие олимпиад. Но уже с 1944 года стали возрождаться довоенные традиции. Большой опыт по организации и проведению химических олимпиад был накоплен в Москве, где инициативу взял на себя химический факультет МГУ. Все послевоенное время химический факультет МГУ регулярно проводил Московскую олимпиаду школьников по химии. Именно тогда были созданы методические и организационные основы проведения олимпиад. В 1964 г. министр просвещения, зав. кафедрой химии природных соединений химического факультета МГУ, чл.-корр. академии

наук СССР Михаил Алексеевич Прокофьев подписал приказ об утверждении государственной системы предметных олимпиад школьников. В этом же, 1964 г., официальный статус получает Всероссийская химическая олимпиада школьников по химии.

В Центральный оргкомитет Всероссийской олимпиады вошли выдающиеся ученые химического факультета МГУ: профессор, заведующий кафедрой химии нефти и органического катализа Альфред Феликсович Платэ и профессор кафедры высокомолекулярных соединений Павел Васильевич Козлов. Из преподавателей и сотрудников химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева и институтов Академии педагогических наук была сформирована методическая комиссия Всероссийской олимпиады.

С 1966 г. проведение Всероссийской олимпиады было временно приостановлено. Методическая комиссия Всероссийской олимпиады была реорганизована в методическую комиссию Всесоюзной.

После распада СССР Всесоюзная олимпиада по химии продолжала развиваться по двум направлениям: Всероссийская олимпиада и Международная Менделеевская олимпиада школьников.

Всероссийская олимпиада школьников проходит в пять этапов:

- Первый – школьный, самый массовый. Проводится в *октябре* месяце. В этом этапе участвуют сотни тысяч обучающихся.
- Второй – районный этап проводится в *ноябре* месяце. Во втором этапе участвуют десятки тысяч учащихся.
- Третий – областной (краевой или республиканский) этап проводится в субъектах РФ в *январе*. Число участников этого этапа составляет тысячи школьников.
- Четвертый – федеральный окружной (региональный) проводится в *марте* по семи округам: Южный, Уральский, Центральный, Приволжский, Сибирский, Северо-Западный, Дальневосточный. Ежегодно в этом этапе участвуют 250-350 школьников – победителей третьего этапа.

- Пятый – заключительный этап проводится в *апреле*. На заключительный этап приглашаются победители федерального окружного этапа, а также победители и призеры пятого этапа прошлого года, всего 140–170 человек.

Для проведения четвертого и пятого этапов выбираются города, которые имеют не только хорошую материально-техническую базу, но славятся своей историей и культурными традициями.

Научную и организационно-методическую работу выполняет Центральная методическая комиссия.

Традиционно методическую комиссию возглавляли ученые Химического факультета: профессора: Евдокия Михайловна Соколовская, Владимир Валентинович Сорокин, Александр Кириллович Гладилин.

В настоящее время председателем методической комиссии является, декан химического факультета, академик РАН, профессор В.В. Лунин.

Структура методической комиссии формировалась в течение многих лет. Кроме председателя (Валерия Васильевича Лунина), двух его заместителей (Ольги Валентиновны Архангельской и Вадима Владимировича Еремина) и ответственного секретаря (Игоря Александровича Тюлькова) в комиссию входят кураторы 9, 10, 11 классов Александр Иванович Жиров, Ольга Константиновна Лебедева, Марина Дмитриевна Решетова, кураторы экспериментального тура и туров по выбору: Владимир Ильич Теренин, Игорь Викторович Трушков, Игорь Александрович Тюльков.

В состав методической комиссии входят, и другие сотрудники Химического факультета МГУ – Анна Владимировна Бачева, Илья Абрамович Леенсон, Сергей Сергеевич Чуранов. Авторами задач также являются студенты и аспиранты: Александр Зайцев, Сергей Дружинин, Евгений Катаев, Олег Язев, Александр Антонов и др.

Основной костяк методической комиссии составляют сотрудниками химического факультета МГУ. Кроме того, в методическую комиссию входят также профессора и сотрудники:

- Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (Москва)

- Московского педагогического государственного университета
- Российского государственного педагогического университета (С-Петербург)
- Белгородского государственного университета.
- Института неорганической химии СО РАН (Новосибирск)
- Института химии и прикладной экологии ДВГУ (Владивосток)

Имеется постоянный контакт с коллегами из Белоруссии, Эстонии, Литвы, Украины, Молдовы, Казахстана.

В команду людей, проводящих олимпиаду, в том числе и на Химическом факультете входят преподаватели, сотрудники, осуществляющие высокопрофессионально, с любовью к детям и чувством ответственности за будущее нашей страны, очень важную работу.

Согласно положению о Всероссийской олимпиаде школьников Методическая комиссия:

- разрабатывает тексты заданий для ЧЕТВЕРТОГО и ПЯТОГО этапов олимпиады; а также методические рекомендации по проведению ТРЕТЬЕГО этапа олимпиады;
- вносит предложения в Центральный оргкомитет по составу жюри для проведения четвертого и пятого этапов олимпиады;
- вносит предложения в Центральный оргкомитет по вопросам, связанным с совершенствованием организации проведения и методического обеспечения олимпиады;
- готовит предложения по формированию сборных команд для участия в международных олимпиадах по химии (Всемирной и Менделеевской);

На основе анализа результатов олимпиады формулируются методические рекомендации по составлению заданий на следующий год, ведется постоянный поиск новых подходов к составлению комплектов заданий.

Ежегодно в январе методическая комиссия в полном составе собирается в Москве, на химическом факультете МГУ и рассматривает предварительно отобранные задачи и комплекты в целом, вносит в них необходимые правки и утверждает комплекты.

В олимпиаде участвуют школьники, которые проявляют интерес к науке, желают проверить свои силы, узнать новое для себя и, в итоге, прийти в химию. Но, говоря об олимпиадах, нельзя не сказать о людях, которые заинтересовали своих питомцев химией, оказывали всестороннюю поддержку. Это – Учителя, Наставники.

Многолетний опыт проведения Всероссийской олимпиады свидетельствует о том, что там, где появляются преданные своему делу Учителя, там раскрываются таланты одаренных детей. Воспитанники этих Учителей в течение многих лет завоевывают призовые места в различных олимпиадах, и при этом, что самое главное, не утрачивают желания саморазвиваться.

Победители Всероссийской химической олимпиады имеют определенные льготы.

С 1997 по 2002 год победителям заключительного этапа при приеме в вузы засчитывались результаты по химии. Остальные вступительные испытания они сдавали (и не всегда успешно). К сожалению, олимпиадцы не всегда «дружат» с математикой и физикой.

С 2002 года призеры Пятого заключительного этапа получили право быть зачисленными в вузы без вступительных испытаний.

В 2004 году победители Четвертого федерального этапа, Московской и Санкт-Петербургской городских олимпиад, а также третьего областного этапа имели возможность при поступлении в вуз зачесть высший бал по химии.

Такая частая смена правил приема абитуриентов в вузы говорит о том, что учет результатов олимпиад при приеме должен быть тщательно продуман и взвешен.

Положительной тенденцией является то, что большинство победителей и призеров олимпиад по химии поступают на химические факультеты университетов и в химические вузы. Поэтому мы поддерживаем законодательное закрепление льгот при поступлении для победителей III и IV этапов олимпиады и творческих конкурсов. Это, несомненно, дает возможность региональным вузам получить «свой» контингент студентов. Так формируется элита будущих первокурсников.

Положительной тенденцией является всемерная поддержка различных форм работы с одаренными детьми. Хорошо себя за-

рекомендовали олимпиада «Ломоносов», и проект «Покори Воробьевы горы». Они позволили университету сохранить связи с регионами и отобрать для учебы талантливую молодежь из регионов России. География этих олимпиад необычайно широка. Каждый год в них участвуют представители всех регионов России – от Калининграда до Владивостока. Развитие этих олимпиад привело к тому, что почти все талантливые дети из провинции едут учиться к нам: более 60% студентов химического факультета МГУ – иногородние.

Уникальным явлением на постсоветском пространстве является Международная Менделеевская олимпиада, продолжающая традиции Всесоюзной олимпиады школьников по химии. Победители этой олимпиады могут поступать в элитные химические вузы стран СНГ и Балтии без вступительных экзаменов. Часть из них приезжает учиться в МГУ.

Очень интересным творческим конкурсом является олимпиада «Гуймаада», проводимая в Якутии и объединяющая школьников, интересующихся естественными науками из многих стран мира.

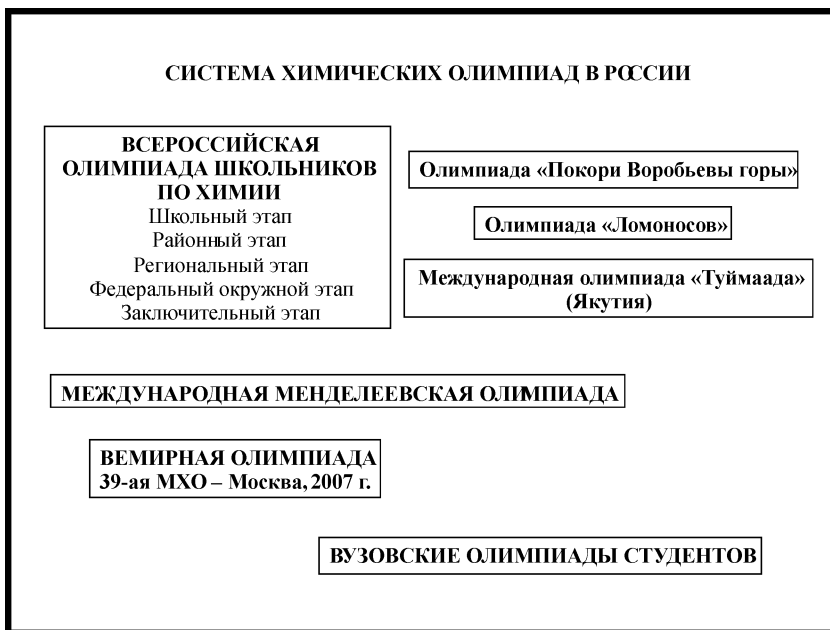
Международная олимпиада школьников по химии является поистине Всемирной. В ней участвуют школьники со всего мира, причем число стран-участниц с каждым годом расширяется. Это международный научный форум, в котором участвуют лучшие химики, которые защищают честь своей страны. В июле 2007 года Международная олимпиада школьников по химии проходила в Москве. В ней участвовали школьники из 69 стран мира.

Химическое олимпиадное движение охватывает не только школьников, но и студентов.

Велика роль химических олимпиад в образовании. Именно поэтому химический факультет МГУ стоял у истоков развития олимпиадного движения в России. На сегодняшний день сложилась следующая система химических олимпиад (см. схему на след. стр.).

В учебном пособии В.А. Ситарова «Дидактика» [1] есть фраза, которая не могла оставить равнодушными авторов этой статьи: «Наряду с постоянно действующими формами организации внеучебной деятельности большое значение в структуре целостного педагогического процесса имеют и *такие эпизодические ме-*

роприятия, как олимпиады, викторины, конкурсы, смотры, соревнования, выставки, экспедиции и т.п.» (курсив авт.).



К сожалению, это довольно распространенное мнение об олимпиадах школьников. С еще большим сожалением мы констатируем, что это мнение заметной части педагогической общест-венности. В современной педагогической науке отсутствует целостное рассмотрение олимпиады как образовательной формы, специально направленной на саморазвитие личности учащихся.

Проводя олимпиады не один десяток лет, мы все время чувствуем большую нереализованную потребность, особенно со стороны школьников и учителей, к общению.

И детям, и взрослым необходимо сочетание интеллектуального труда с

- культурными, спортивными мероприятиями
- встречами с организаторами олимпиады, работниками культуры, науки и искусства
- беседами в узком кругу, в неформальной обстановке.



Иначе выхолащивается сама идея олимпиады как интеллектуального форума.

На предметных олимпиадах всех уровней, а особенно на заключительном этапе, участники олимпиады и их учителя должны чувствовать, что Всероссийская олимпиада – *государственное событие* в Российском образовании. Каждый участник должен ощутить свою *нужность, востребованность, повысить культурный уровень, получить определенные жизненные уроки, сделать важные выводы.*

Основная задача, которая сейчас стоит перед организаторами олимпиады – сделать декларируемые цели реальными.

В настоящее время олимпиадное движение серьезно рассматривается как важнейшая составляющая образовательного процесса, в которой задействовано большое число детей и взрослых.

Таким образом, предметные олимпиады являются одной из основополагающих форм работы с одаренными детьми, объединяющими огромное количество школьников, родителей, учителей, студентов, ученых и преподавателей вузов, сотрудников НИИ, работников органов управления образования различного уровня.

Образовательный процесс, как известно, выполняет функции *обучения и воспитания.*

В олимпиадах изначально заложен сильный стимул *саморазвития* личности. Но он не проявляется в полной мере, а последнее время фактически подавлен другой функцией олимпиады: выявлением сильнейших. Таким образом, отборочная функция олимпиады стала превалирующей. На рубеже XX и XXI веков мы столкнулись с тем, что основной акцент сместился в направлении *соревнования, а не к личностному развитию.*

Поэтому в настоящее время проводится планомерная, методически обоснованная работа по смещению акцентов с соревновательной на личностно-развивающую функцию олимпиадного движения.

Олимпиада школьников является средством, фактором и образовательной средой личностного развития не только учащихся. Всероссийская олимпиада школьников создает условия для личностного и профессионального роста представителей педагогической и научной общественности, которые участвуют в ее подго-

товке и проведении: учителей, педагогов дополнительного образования, специалистов НИИ, преподавателей вузов, методистов, ученых.

Многое в развитии творческих способностей подростков зависит от того, в какой среде они развиваются, от того, какие люди их окружают.

Очевидно, что работа с одарёнными детьми отличается принципиальной нестандартностью, и успешно ею заниматься могут только педагоги, имеющие соответствующие способности, желание и квалификацию.

Имея дело с одаренными ребятами, наставники активно используют индивидуальный подход, учитывающий в первую очередь способности ребенка. Общаясь с одаренными детьми, наставник, несомненно, находится в творческом педагогическом поиске. Необходимо отметить, что такая работа должна быть систематичной, особенно на первых порах, когда необходимо заложить основы, фундамент знаний.

Авторы заданий самосовершенствуются, повышая собственную квалификацию, ведь чтобы придумать олимпиадную задачу, необходимо максимально использовать свой творческий потенциал, обладать научной эрудицией.

Химические олимпиады школьников способствуют поддержанию единого образовательного пространства.

В первую очередь, это выпуск сборников задач и методических материалов [2, 3].

Несомненно, подготовка к олимпиаде, особенно, к её заключительному этапу является очень сложным процессом. Не первый год существуют странички олимпиад в Интернете:

- <http://www.chem.msu.su/rus/olimp/>
- <http://chem.rusolymp.ru/>

Сейчас закончена работа над примерной содержательной программой Всероссийской олимпиады школьников по химии [4]. Авторы изучили и обобщили содержание олимпиадных задач, фундаментальное ядро школьного химического образования, программы курсов по химии высших учебных заведений. Этот документ является залогом *единого образовательного пространства Всероссийской олимпиады школьников по химии*. Разработанная программа соответствует современному уровню науки,

что способствует *сохранению высокого уровня фундаментально-го естественнонаучного образования в России.*

Немаловажным является то, что начата работа по единому методическому обеспечению и нормативному сопровождению всех этапов Всероссийской олимпиады. Это еще один фактор, способствующий поддержанию единого образовательного пространства.

Олимпиада выполняет следующие воспитательные функции: *коммуникативную, патриотическую, а также раннее привлечение победителей олимпиад к научной и педагогической деятельности.*

Общение является очень важным воспитательным аспектом олимпиады. Конференции, круглые столы, лекции, семинары и, конечно, общение в неформальной обстановке — вот, что должно войти обязательными пунктами в программу олимпиад всех уровней, обеспечивая реализацию коммуникативной функции.

Проведение олимпиад в различных городах России способствует знакомству учащихся с историей Родины. Любовь к родной земле не возникает на пустом месте. Гордость за Отчизну возникает при посещении исторических святынь Рязани, Великого Новгорода, Пскова, Владимира, Твери, с которыми связано становление российской государственности, памятных мест кровопролитных сражений времен Второй мировой войны – Прохоровского поля (Белгород), Мамаева кургана (Волгоград), современных научных учреждений – передовых исследовательских институтов Новосибирска, Владивостока, медицинского центра Елизарова под Курганом, посещение Константинова – Родины С.А. Есенина, краеведческих и художественных музеев, и конечно экскурсии на химические заводы и фабрики. Поэтому для проведения четвертого и пятого этапов выбираются города, которые имеют не только хорошую материально-техническую базу, но славятся своей историей, культурными и научными традициями. В этом заключается патриотическая функция Всероссийской олимпиады школьников.

Положительным опытом воспитания олимпийцев является *привлечение победителей и призеров олимпиады к научным исследованиям, начиная с самого начала обучения в вузе.* Оказавшись на ранней стадии в научном коллективе, победители олим-

олимпиад начинают серьезнее относиться к учебе и к научно-исследовательской деятельности.

Другим шагом социализации победителей олимпиад, поступивших в вуз, является активное привлечение их к работе со школьниками. Таким образом, снимается проблема завышенной самооценки, которой, не секрет, обладают некоторые победители олимпиад высокого уровня. Очень многие победители олимпиад различного уровня, став студентами, аспирантами, сотрудниками вузов и НИИ, остаются в олимпиадном движении, активно работая со школьниками. В этом заключается принцип преемственности поколений – наиважнейший принцип развития олимпиадного движения в России.

Привлечение победителей и призеров олимпиад к научно-исследовательской и педагогической работе способствует воспитанию таких качеств, как трудолюбие, усердие, прилежание, без которых не может состояться ученый.

Химические олимпиады школьников играют неоценимую роль в развитии науки, являясь для большинства участников стартом в науку. Победители олимпиад различного уровня успешно реализуют себя в научной деятельности, развивая современные направления химии. Назовем только несколько имен: победители Всемирных олимпиад – ныне чл.-корр. РАН Гудилин, профессор В.В. Загорский; победители Всесоюзных олимпиад – профессора В.Г. Ненайденко, Ю.А. Устынюк, доцент В.Н. Хвалюк.

Всероссийская олимпиада школьников подвергается модернизации.

Ведется постоянная методическая работа по совершенствованию Всероссийской олимпиады школьников по химии и решению проблем, описанных выше.

Развиваются новые формы подачи задач, формата проведения олимпиады, открытости и доступности не только олимпиадных материалов, но и методики проведения самих олимпиад.

Химические олимпиады школьников задают высокий уровень химического образования в России. В этом направлении активно и плодотворно работает коллектив Центральной методической комиссии по химии Всероссийской олимпиады школьников. При разработке олимпиадных заданий имеется возможность познакомиться учащимся и учителям с современными достижениями науки.

Содержание заданий и их система постоянно совершенствуются. Последним изменением стала дифференциация задач тура по выбору по 4 блокам содержания:

- неорганическая химия,
- органическая химия,
- физическая химия,
- химия и жизнь.

В 2006-07 олимпиадном году Центральная методическая комиссия сократила число задач в теоретических турах. Так, в обязательном теоретическом туре вместо 6 стало 5 задач. С этого года ко всем задачам прилагается система оценивания. Федеральное агентство по образованию РФ поддержало инициативу комиссии о привлечении студентов и аспирантов к работе в жюри различных этапов олимпиады – они не только придумывают задачи, но и выезжают в города проведения Олимпиад и на равных работают со старшими коллегами.

Каждую весну в конце апреля в одном из городов России проходит заключительный этап Всероссийской химической олимпиады школьников (ВХОШ). В 2007 году выбор пал на город Уфу – столицу республики Башкортостан. Место проведения было выбрано не случайно, ведь Уфа – это один из центров химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности. У членов жюри и участников остались хорошие воспоминания об олимпиаде, проходившей в 2006 году в Уфе. Впервые более чем за сорокалетнюю историю Олимпиада два года подряд проходила в одном и том же городе.

Всего на олимпиаду приехали 187 школьников из 53 регионов, представлявших все семь Федеральных округов нашей страны и два города федерального значения – Москву и Санкт-Петербург:

Участники Олимпиады приехали из разных уголков России. В их числе были школьники не только из крупных городов и научных центров, но также из других городов и небольших населенных пунктов, например, аул Кошехабль (Республика Адыгея), г. Березовский (Свердловская область), г. Тында (Амурская область), г. Ноябрьск (Ямало-Ненецкий АО), г. Заречный (Пензенская область), с. Юрла (Пермский край), пос. Ошто (Вологодская область) и др. Более того, некоторые из этих школьников вошли в

число призеров Олимпиады. Среди участников преобладали юноши, а девушки составили всего 16% от общего числа участников (29 из 187).

Путь всех участников был нелёгок. Ведь для того, чтобы попасть на заключительный этап олимпиады, им необходимо пройти жесткий отбор: сначала школьный этап, затем муниципальный, региональный и федеральный окружной этапы. И только лучшие, наиболее целеустремлённые и подготовленные представляли свои регионы на заключительном этапе.

Олимпиада проходила на базе Башкирского государственного университета и Республиканского Башкирского лицея-интерната. Учащиеся и их наставники жили в общежитии интерната. Для них были созданы условия как для подготовки к будущим турам олимпиады, так и для отдыха (на территории интерната можно было поиграть в футбол, стояли столы для настольного тенниса, работал тренажёрный зал, компьютерный класс и др.). Оргкомитетом была предложена интересная культурная программа: посещение спектакля «Тиль» в Национальном молодежном театре им. Мустая Керима, экскурсии по городу, в национальные музеи. Это дало возможность участникам и их руководителям поближе познакомиться с культурой и историей Башкирии.

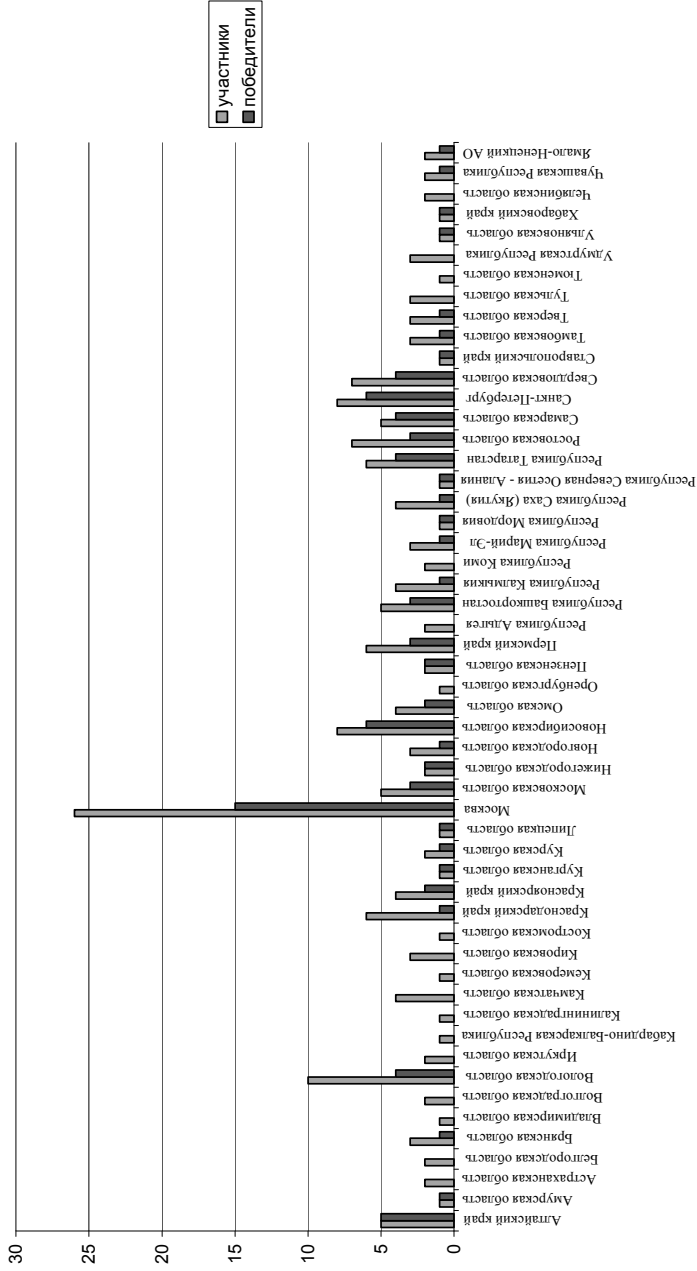
По итогам олимпиады учащимся, показавшим лучшие результаты, были присуждены дипломы:

- в девятом классе – 5 дипломов первой степени, 14 дипломов второй степени и 12 дипломов третьей степени;
- в десятом классе – 5 дипломов первой степени, 7 дипломов второй степени и 14 дипломов третьей степени;
- в одиннадцатом классе – 7 дипломов первой степени, 8 дипломов второй степени и 15 дипломов третьей степени.

По итогам олимпиады призёрами и победителями стали примерно 45% процентов участников из 35 регионов нашей страны.

Состав участников и победителей заключительного этапа Всероссийской химической олимпиады школьников 2007 г. по Федеральным округам РФ представлен ниже.

**Региональный состав участников и победителей заключительного этапа ВХОШ, 2007 г., Уфа**



Первое число – число участников, в скобках – число победителей и призеров

Дальневосточный ФО	10(3)
Москва	26(15)
Приволжский ФО	40(22)
Санкт-Петербург	8(6)
Северо-западный ФО	21(10)
Сибирский ФО	24(14)
Уральский ФО	13(6)
Центральный ФО	50(23)
Южный ФО	26(7)

Трудно передать словами радость школьников, получивших дипломы. Особенно они важны для учащихся 11 класса, ведь эти дипломы являются для них пропуском в любой химический вуз нашей страны. Дипломанты первой, второй и, частично, третьей степени стали номинантами премии Президента РФ. Учащиеся 9 и 10 классов, ставшие призёрами олимпиады, получили право участвовать в заключительном этапе олимпиады следующего года.

По результатам олимпиады были отобраны кандидаты – 10 человек (5 десятиклассников и 5 одиннадцатиклассников) для участия в Международной Менделеевской олимпиаде и в летних и зимних сборах по подготовке к Международной олимпиаде, которая в этом году прошла в Москве. Команда России достойно выступила в Беларуси в Международной Менделеевской олимпиаде в мае, получила золотые медали на Всемирной химической олимпиаде в Москве в июле.

В настоящее время Департаментом государственной политики и нормативно-правового регулирования в сфере образования Минобрнауки России подготовлен проект приказа «Об утверждении Положения о Всероссийской олимпиаде школьников и порядка формирования сборных команд школьников для участия в международных олимпиадах по общеобразовательным предметам». Проект Положения в целом является продуманным и взвешенным. Единственно, с чем нельзя согласиться и что несомненно окажет негативное влияние на олимпиадное движение в России – сокращение числа этапов с 5 до 4.



Более чем сорокалетняя история предметных олимпиад в России показала эффективность именно пятиэтапного проведения олимпиады. Закономерное эволюционное возрастание сложности заданий от этапа к этапу является залогом качества образовательной составляющей олимпиады. Исключение четвертого (Федерального окружного) этапа автоматически приведет к возрастанию уровня сложности заданий третьего (регионального) этапа, к резкому снижению интереса школьников к предмету.

Проведение четвертого этапа (**особенно по тем предметам, по которым проводятся международные олимпиады**) позволяет провести отбор по-настоящему талантливой молодежи и направить на пятый (заключительный) этап участников, наиболее глубоко подготовленных по данному предмету. При отсутствии четвертого (Федерального окружного) этапа по итогам третьего (регионального) этапа необходимо на заключительный этап олимпиады отбирать **по 350 и более школьников**, около **100 сопровождающих** из всех регионов России, а для проверки работ привлекать **жюри** численностью около **60 человек**. Вряд ли найдутся в нашей стране научно-образовательные центры, которые могут принять такое количество организаторов и участников, а главное, организовать экспериментальный тур более чем для 350 участников (около половины всех предметных олимпиад включают экспериментальный тур).

Несомненно, необходимо продолжить работу по подготовке итогового варианта Положения о Всероссийской олимпиаде школьников по общеобразовательным предметам. Всероссийская олимпиада школьников продолжает развиваться, вбирая в себя лучшие традиции и используя современные методические и научные знания. Инновационный потенциал олимпиадного движения, несомненно, высок. При подготовке учащихся к олимпиаде, а также для организации ее соревнований учителя, педагоги дополнительного образования, методические комиссии применяют самые передовые образовательные технологии, что позволяет Всероссийской олимпиаде школьников выполнять **инновационную функцию**, считать ее своеобразным испытательным «полигоном» инновационной деятельности в сфере общего образования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ситаров В.А. Дидактика / Под. ред В.А. Слостенина. – М.: Академия, 2004. – 368 с.
2. Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А. Всероссийская олимпиада школьников по химии / Научн. редактор Э.М. Никитин.– М.: АПК и ППРО, 2005. – 128 с.
3. Задачи всероссийских олимпиад по химии / Под общей ред. академика РАН, профессора В.В. Лунина. – М.: Экзамен, 2003. – 480 с.
4. Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А. Всероссийская олимпиада школьников по химии: Примерная программа содержания Всероссийской олимпиады школьников по химии / Научн. редактор Э.М. Никитин.– М.: АПК и ППРО, 2006. – 144 с.

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

Роль и значение химии в развитии современного общества трудно переоценить. Неизменно актуальными остаются слова М.В. Ломоносова: *«Изучение химии имеет двоякую цель: одна – усовершенствование естественных наук, другая – умножение жизненных благ»*. Именно поэтому для школьников так важно научиться творчески использовать полученные знания и умения по химии. Лучше всего свои способности они могут проверить, участвуя в химических олимпиадах, поскольку олимпиадные задачи – всегда неординарные задания. Для успешного выступления на олимпиаде школьникам необходимы не просто химическая эрудиция, владение материалом на уровне, превышающем уровень обычных школ, но и, что очень важно, химическая интуиция, умение делать логические выводы, применять имеющиеся знания к новым, подчас незнакомым областям химической науки.

Несмотря на многие кризисные явления, наблюдающиеся последние десятилетия в национальных системах образования не только стран СНГ, но также США и многих стран Европы [1], предметные олимпиады школьников неизменно остаются одной из важнейших составляющих качественного школьного образования. В последние годы олимпиады по химии зарекомендовали себя как надежный альтернативный инструмент отбора одаренных выпускников школ при поступлении в химические вузы (см. статью «О различных формах зачисления абитуриентов в химические вузы» в настоящем сборнике, а также материалы сборника [2]).

Каждая страна имеет сложившуюся многоуровневую систему национальных предметных олимпиад, в том числе и по химии. Высшим уровнем химических олимпиад, своего рода «чемпионатом мира» среди школьников по химии, является Международная («Всемирная») химическая олимпиада. В команду для участия в Международной олимпиаде отбираются четыре сильнейших школьника каждой страны, ставшие победителями национальных

олимпиад. Эта система (национальная химическая олимпиада – отбор участников на МХО из числа победителей национальных олимпиад и их дополнительная специальная подготовка – Международная олимпиада) успешно функционирует и развивается в странах-участницах в течение многих лет. Однако наряду с этим существует такое уникальное явление в области интеллектуальных соревнований школьников, как *Международная Менделеевская олимпиада школьников по химии*. Интересна сама история Менделеевских олимпиад. Химики оказались единственными среди естественников, сумевшими сохранить традиции бывшей Всесоюзной олимпиады. После распада СССР в 1992 году Всесоюзная химическая олимпиада продолжила свое развитие по двум направлениям: Всероссийская олимпиада и Международная Менделеевская олимпиада, в которой стали участвовать представители стран – бывших республик Советского Союза.

В 2004 г. в 38-ой Менделеевской олимпиаде впервые приняли участие школьники Болгарии и Румынии, добившись при этом высоких результатов. В мае 2006 г. очередная 40-ая Менделеевская олимпиада с большим успехом прошла в Ереване, в этой олимпиаде впервые участвовала команда Македонии. Проведение очередной 42-ой Менделеевской олимпиады в мае 2008 года планируется в столице Узбекистана городе Ташкенте.

Менделеевские олимпиады поддерживают общие высокие стандарты химического образования в странах-участницах и несут важнейшую гуманитарную миссию, подтверждая, что у образования нет границ, что культура и традиции народов могут успешно дополнять и обогащать друг друга. Эти олимпиады являются мощным инструментом создания единого образовательного пространства в странах-участницах. В частности, для победителей и призеров, представляющих любую страну-участницу, – это возможность бесплатно учиться в Московском университете и других ведущих российских вузах. *Призеры Менделеевских олимпиад – выпускники школ зачисляются на первый курс без вступительных экзаменов* (только за 2005–2007 годы и только на химический факультет МГУ были зачислены без экзаменов 30 победителей Менделеевской олимпиады – не россияне). Значение Менделеевской олимпиады было подчеркнуто на Международном совещании по проблемам дальнейшего развития химических

олимпиад (Рига, Латвия, 9–10 января 2004 г.), где было отмечено, что она является хорошим примером межрегионального сотрудничества и служит целям привлечения школьников к дальнейшему профессиональному изучению химии.

### География Менделеевской олимпиады

Год	Город, страна проведения	Число стран-участниц	Количество участников
1992	Самара (Россия)	9	200
1993	Пушино (Россия)	4	29
1994	Пушино (Россия)	9	43
1995	Пушино (Россия)	11	63
1996	Пушино (Россия)	12	85
1997	Ереван (Армения)	8	48
1998	Иссык-Куль (Кыргызстан)	12	68
1999	Минск (Беларусь)	11	65
2000	Баку (Азербайджан)	10	54
2001	Москва (Россия)	13	80
2002	Алматы (Казахстан)	14	85
2003	Пушино (Россия)	12	76
2004	Кишинэу (Молдова)	14	77
2005	Душанбе (Таджикистан)	15	87
2006	Ереван (Армения)	15	82
2007	Минск (Беларусь)	16	91

Жюри олимпиады и ее оргкомитет в разные годы возглавляли такие известные ученые, как академики РАН А.Л. Бучаченко, Ю.А. Золотов и П.Д. Саркисов, профессор Ю.А. Устынюк. В состав оргкомитета, Методической комиссии и жюри олимпиады входят профессора и преподаватели ведущих вузов, а также учителя химии общеобразовательных школ стран-участниц. Назовем имена людей, вклад которых в сохранение и развитие Менделеевской олимпиады очень велик. Это – профессора и преподаватели химического факультета МГУ: Гладилин А.К., Голубев В.Б., Жиров А.И., Решетова М.Д. и Чуранов С.С.; исполнительный директор Некоммерческого партнерства «Содействие химическому и экологическому образованию» Е.С. Ротина; главный редактор журнала «Химия и жизнь XXI век» Л.Н. Стрельникова; доцент Московского педагогического государственного университета

Ю.Н. Сычев, доцент Пермского государственного университета  
З.Д. Белых, декан факультета химии и химической технологии  
Молдавского государственного университета, профессор  
М.Д. Ревенко, доценты Донецкого государственного националь-  
ного университета Е.Н. Швед и Г.М. Розанцев, заместитель дека-  
на химического факультета Белорусского государственного уни-  
верситета, доцент В.Н. Хвалюк, учитель средней школы № 63  
г. Алматы В.Е. Шварцман.

У Менделеевской олимпиады есть отличительная черта – в составе ее Методической комиссии и в жюри наряду с профессорами и преподавателями обязательно работают студенты и аспиранты – вчерашние победители Менделеевских олимпиад; это помогает сохранить традиции и обеспечивает преемственность на годы вперед. На сегодняшний день Андрей Асаченко и Сергей Серяков – аспиранты химического факультета МГУ; Юрий Головкин – магистрант Белорусского государственного университета (Минск); Андрей Маринчук, Александр Бибин, Дик Иванов и Иосиф Тимковский – студенты химического факультета МГУ. Александр Зайцев, Александр Предеус, Олег Язев и Артем Кулагов – ныне аспиранты соответственно ИОХ РАН (Москва), Мичиганского университета (США), Федерального Политехнического института (Швейцария, г. Лозанна) и Гронингенского университета (Голландия).

В олимпиаде принимают участие школьники выпускных и предвыпускных классов школ из числа победителей национальных химических олимпиад. Важно подчеркнуть, что вместе со школьниками на олимпиаду приглашается руководитель; как правило, это вузовский преподаватель – «тренер» команды. Именно он имеет возможность, при необходимости, накануне каждого тура олимпиады сделать перевод заданий на национальный язык. Кроме того, по желанию участников им предлагаются задания олимпиады на английском языке. В целом же рабочим языком олимпиады является русский.

Все участники олимпиады, независимо от того, в каком классе они учатся, выполняют одно и то же задание. Традиционно олимпиада состоит из трех туров: первый теоретический тур (8 обязательных задач), второй теоретический тур (5 задач из 15 по выбору участников) и экспериментальный тур. Задачи первого

тура по сложности соответствуют программе специализированных химических классов, на втором туре предлагаются задачи несколько более высокого уровня. Задачи второго тура разделены на пять разделов: аналитическая химия, неорганическая химия, органическая химия, науки о живом и физическая химия (по 3 задачи в каждом разделе). Участники олимпиады должны выполнить 5 задач, при этом – не более двух задач из одного раздела (Это правило впервые было введено на 37-ой ММО), таким образом, проверяется универсальность подготовки участника. Третий экспериментальный тур олимпиады подразумевает наличие у школьников навыков работы в химической лаборатории. Задание третьего тура разрабатывается таким образом, чтобы участники могли продемонстрировать умение выполнять химический анализ веществ, а также проводить синтез по предложенной методике. По сложившейся традиции научную программу олимпиады составляют ведущие специалисты-химики стран-участниц, и, в отличие от Всемирной олимпиады, круг разделов химии не сужается предварительной публикацией тренировочного комплекта заданий. С одной стороны, это позволяет участникам узнать очень многое о современных проблемах любимой науки, а с другой – создает дополнительные соревновательные сложности для участников. Содержательная часть теоретических и экспериментальных туров Менделеевских олимпиад последних лет представлена в книгах [3,4].

Все вышеизложенное показывает уникальность положения Менделеевской олимпиады в системе химических олимпиад высокого уровня. В этой связи интересным представляется сравнение результатов, показанных школьниками разных стран на Менделеевских, а затем и на Международных («Всемирных») олимпиадах за последние шесть лет. Эти данные представлены ниже в форме таблиц. Они подтверждают, что уровень сложности заданий и уровень оценивания членами жюри результатов, показанных участниками Менделеевских олимпиад, практически соответствует показателям Международной химической олимпиады.

За годы проведения Менделеевских олимпиад сменилось не одно поколение их участников. Обратим внимание, что в книгах [3,4] представлены зарисовки (этюды) об авторах всех заданий, указаны области их научных и педагогических интересов, приве-

дены основные научные и учебные публикации. Это поможет заинтересованному читателю получить информацию о направлениях развития современной химической науки и о том, как складываются судьбы людей, посвятивших ей свою жизнь.

**Сравнение результатов участников  
36-ой Менделеевской олимпиады  
и Международной химической олимпиады (Голландия) в 2002 г.**

Участник	Страна	Менделеевская Олимпиада	Международная Олимпиада
Джавадов Араз	Азербайджан	III	III
Петкевич Кирилл	Беларусь	II	II
Меньшиков Денис		II	III
Путов Алексей		II	III
Жданко Александр		II	III
Иванищев Владислав	Эстония	III	II
Тамьяр Евгения		III	–
Искаков Асет	Казахстан	II	II
Нуртазин Ануар		II	II
Нургабдешов Асылбек		II	–
Тулбеков Ержигит		II	–
Аматов Тынчтык	Кыргызстан	III	–
Жумабаев Сыргак		–	–
Естебесов Эмил		–	–
Багджюнас Гинтаутас	Литва	III	III
Седов Игорь	Россия	I	I
Глебов Илья		I	III
Хайтыев Сердар	Туркмени- стан	III	III
Беглиев Аман		III	III
Розыев Перман		III	–
Ходжаназаров Нарзулла		III	–



**Сравнение результатов участников  
37-ой Менделеевской олимпиады  
и Международной химической олимпиады (Греция) в 2003 г.**

Участник	Страна	Менделеевская Олимпиада	Международ- ная олимпиада
Гейбатов Эльчин Гасанов Руфат	Азербайджан	III –	II III
Жданко Александр Путов Алексей	Беларусь	II I	II I
Тамьяр Евгения	Эстония	III	III
Нуртазин Ануар Должников Дмитрий Искаков Асет Тютенов Канат	Казахстан	III II III III	II II II II
Капаров Кыялбек Жумабаев Сыргак	Кыргызстан	III III	– III
Прокофьев Александр	Латвия	II	II
Белецкий Евгений Белов Александр Меньшенин Антон	Россия	II I I	II I II

В последние годы в дни проведения Менделеевских олимпиад организуются круглые столы, посвященные проблемам химического образования, с участием руководителей команд, членов оргкомитета и жюри, а также представителей научной и педагогической общественности страны, принимающей у себя олимпиаду. По материалам и идеям круглого стола каждой олимпиады ежегодно издаются сборники статей [5–7], написанных людьми, для которых вопросы химического образования – область их профессиональной деятельности. Статьи в сборниках посвящены особенностям и схожим чертам национальных систем образования, методическим основам проведения химических олимпиад, системам отбора одаренных школьников и работы с ними.

**Сравнение результатов участников  
XXXVIII Менделеевской олимпиады  
и Международной химической олимпиады (Германия) в 2004 г.**

Участник	Страна	Менделеевская олимпиада	Международная олимпиада
Искандеров Хикмет	Азербайджан	–	–
Джафаров Емин		–	III
Валадов Афан		–	I
Еминов Санан		–	I
Пугов Алексей	Беларусь	I	I
Тимковский Иосиф		I	III
Мешнигаров Калин	Болгария	–	II
Чичанов Борис		III	–
Ваклев Николай		III	–
Простакова Виктория	Эстония	II	III
Князева Ольга		III	III
Мурзин Вадим	Казахстан	II	II
Жиентаев Тимур		II	II
Бисенов Ескендир		II	II
Капаров Кыялбек	Кыргызстан	III	–
Исабеков Алтынбек		–	–
Камалов Медер		II	–
Зейфман Алексей	Россия	I	I
Воронцов Егор		I	II
Дерендяев Антон		II	III
Такакс Константин-Николае	Румыния	II	I
Доне Николае		II	III
Кодирова Сайера	Таджикистан	–	–
Полвонов Дилмурод		–	–
Юсупов Мекан	Туркменистан	–	III
Маметшерипов Сердар		III	–
Гурбанов Муса		–	–
Аширов Шохрат		–	–

**Сравнение результатов участников  
XXIX Менделеевской олимпиады  
и Международной химической олимпиады (Гайбей) в 2005 г.**

Участник	Страна	Менделеевская олимпиада	Международная олимпиада
Искандеров Хикмет	Азербайджан	–	II
Джафаров Емин		III	II
Кононенко Алексей	Беларусь	I	III
Гурский Иван		III	II
Осипов Константин	Эстония	II	III
Ажибек Дулат	Казахстан	II	II
Абдрахманов Нуржан		II	III
Ордабаев Алмас		–	–
Усейнгазин Куат		III	III
Айтиев Мунарбек	Кыргызстан	II	III
Исабеков Алтынбек		III	III
Скабеев Артем		III	III
Мичурин Михаил		–	–
Бутенко Алексей	Россия	II	II
Зималиев Максим		I	II
Чок Рэзван-Костин	Румыния	II	II
Паня Касандра-Мария		III	III
Ткачук Александра-Патриция		II	III
Вохидов Фаррух	Таджикистан	II	III
Жумаев Улмас		–	–
Облокулов Фаридун		–	–
Забильский Максим	Украина	I	II

**Сравнение результатов участников  
40-ой Международной Менделеевской  
и Международной химической олимпиады школьников 2006 г (Сеул)**

Участник	Страна	Менделеевская олимпиада	Всемирная олимпиада
Епископосян Давит	Армения	III	–
Бардахчян Самвел		–	–
Давинян Андраник		III	–
Фираго Дмитрий	Беларусь	II	II
Малявко Александр		I	II
Луговая Анна		II	II
Изотов Андрей		II	III
Иванов Иван	Болгария	–	–
Живкова Иванка		–	–
Георгиев Живко		–	–
Захариев Цветан		III	–
Ордабаев Алмас	Казахстан	II	III
Шагиров Мурат		III	III
Усейнгазин Куат		II	III
Саматов Абылай		III	III
Камалов Кайнар	Кыргызстан	III	III
Атабеков Мирлан		II	–
Жээнтаев Сабырбек		–	–
Мальцев Даниил	Российская Федерация	I	I
Ромашов Леонид		II	I
Могильный Максим		I	I
Мансуров Тимур		I	II
Чок Рэзван-Костин	Румыния	I	II
Пэтраш Мария-Александра		II	III
Ёров Хурсанд	Таджикистан	–	III
Вохидов Фаррух		III	III
Болтаев Умед		III	III
Сулаймонзода Саидулло		–	–
Мурадалиев Сердарали	Туркмени-стан	III	III
Гарлиев Батыр		–	–
Мурадов Нурмухаммед		–	–
Аннамедов Сапармурат		–	–
Глущенко Николай	Украина	I	II

**Сравнение результатов участников  
41-ой Менделеевской и Международной химической олимпиады  
2007 г. (Москва, Россия)**

Участник	Страна	Менделеевская олимпиада	Международная олимпиада
Бардахчян Самвел	Армения	III	II
Дшхунян Нарек		III	II
Каграманян Аршавир		-	III
Громоздов Денис	Беларусь	I	II
Васькова Елена		II	II
Болотник Тимофей		II	III
Кушнир Людмила		II	III
Живкова Иванка	Болгария	III	III
Георгиев Живко		III	II
Кадийски Стефан		-	-
Ордабаев Ердос	Казахстан	II	II
Калиев Даурен		II	III
Бадракова Аяна		II	III
Жолгелдиев Жанболат		III	III
Камалов Кайнар	Кыргызстан	III	II
Акимбеков Замирбек		III	-
Жээнтаев Сабырбек		II	-
Граур Василий	Молдова	III	II
Бибин Леонид		III	-
Виеру Вячеслав		-	-
Карталяну Александру		-	-
Архангельский Михаил	Латвия	III	III
Зубович Павел		III	-
Воробьев Василий	Российская Федерация	I	I
Нехорошев Евгений		I	I
Терехов Станислав		I	I
Думитру Ионуц Габриэль	Румыния	III	II
Врэжа Ингрид-Кристиана		I	III
Ёров Хурсанд	Таджикистан	III	III
Олимй Хусрав		-	-
Болтаев Умед		II	-
Сулаймонзода Саидулло		III	-
Сердар Розыев	Туркменистан	-	III
Гарлыев Батыр		II	III
Мурадов Нурмухаммед		III	III
Лаан Андрес	Эстония	I	II

## ЛИТЕРАТУРА

1. Образование, которое мы можем потерять / под ред. В.А. Садовниченко – М.: Изд-во Моск. ун-та, Институт компьютерных исследований, 2002. – 288 с.
2. Chemical Education in Russia. Problems and Perspectives. Eds. Prof. V.V. Lunin and Prof. N.E. Kuz'menko. – М.: Golden bee, 2007. – 96 p.
3. Лунин В.В., Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад : учеб. пособие / под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 384 с.
4. Lunin V.V., Nenajdenko V.G., Ryzhova O.N., Kuz'menko N.E. Chemistry of 21<sup>st</sup> Century. International Mendeleev Chemistry Olympiad. Editor V.V. Lunin. – М.: Moscow University Press, 2007. – 443 p.
5. Современные тенденции развития химического образования / под ред. академика В.В. Лунина. – Кишинэу: Univers Pedagogic, 2005. – 136 с.
6. Современные тенденции развития химического образования: от школы к вузу / под ред. академика В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 144 с.
7. Современные тенденции развития химического образования: работа с одаренными школьниками / под ред. академика В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. – 157 с.

## **ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ 2007 ГОДА В МОСКВЕ**

### **1. Общая информация**

Международная химическая олимпиада школьников (МХО) является соревнованием для учащихся средних школ с целью развития международных контактов в химии. Она предназначена для стимулирования активности школьников, интересующихся химией, путем независимого и творческого решения химических задач. МХО помогает усилить дружеские отношения среди молодых людей из разных стран, поощряет международное взаимодействие и понимание.

Фактически, МХО – это чемпионат мира по химии. Каждая страна посылает на Олимпиаду команду, состоящую из 4 человек – победителей национальной олимпиады по химии. Школьники соревнуются в решении теоретических задач и выполнении химических экспериментов.

МХО проводится каждый год, в июле, в одной из стран-участниц. Организатор – обычно министерство образования, которое выбирает в своей стране базовую организацию, как правило, какой-нибудь университет.

В 2007 году, с 15 по 24 июля, в России состоялась 39-ая МХО. Это – вторая в истории Олимпиада, которую принимала Россия. Первый раз это было в 1996 году, тогда в МХО участвовало 45 стран, а сборная России завоевала 4 золотые медали из 4.

### **2. Организационные детали**

Олимпиада была организована согласно распоряжению Правительства РФ № 961-р от 4 июля 2006 года. Председателем оргкомитета МХО-2007 стал Министр образования и науки РФ А.А. Фурсенко, Президентом МХО-2007 – декан химического факультета МГУ, академик РАН В.В. Лунин. Базовой организацией стал химический факультет МГУ.

Таблица 1

## Расписание МХО-2007

		Школьники	Менторы и научные наблюдатели	Гости
15 июля, суббота	В течение дня	Прибытие, поселение		
16 июля, воскресенье	Утро	<b>Церемония открытия, торжественный прием</b>		
	День	Отдых	<b>Инспекция лабораторий</b>	Экскурсия
	Вечер		<b>1-е заседание жюри</b>	Свободное время
17 июля, понедельник	В течение дня	Экскурсии	Перевод экспериментальных задач	Экскурсии
18 июля, вторник	Утро	<b>Экспериментальный тур</b>	Экскурсия	Экскурсии
	День, вечер	Свободное время	<b>Обсуждение теоретических задач, 2-е заседание жюри</b>	
19 июля, среда	В течение дня	Экскурсии	Перевод теоретических задач	Экскурсии
20 июля, четверг	Утро	<b>Теоретический тур</b>	Экскурсии	Экскурсии
	День	Свободное время		
	Вечер	Встреча менторов со школьниками		
21 июля, пятница	В течение дня	Экскурсии		
	Вечер	Отдых	<b>3-е заседание жюри</b>	Свободное время
22 июля, суббота	В течение дня	Экскурсии	Арбитраж по группам	Экскурсии
	Вечер	Отдых	<b>Встреча с Министром образования РФ. 4-е заседание жюри, распределение медалей</b>	Свободное время
23 июля, суббота	Утро	Свободное время		
	День	<b>Церемония закрытия</b>		
	Вечер	Заключительный банкет		
24 июля, суббота	В течение дня	Отъезд		



В МХО-2007 участвовало 446 человек из 67 стран: 256 школьников, 132 ментора (научные руководители), 43 научных наблюдателя и 15 гостей. Научная программа МХО включала 2 тура – практический (40 баллов) и теоретический (60 баллов). Остальное время школьников было посвящено экскурсиям, знакомству с Московским университетом, встречам с менторами, отдыху. Подробное расписание МХО-2007 приведено в таблице 1.

Школьники проживали в пансионате «Олимпиец» (Химки), менторы, научные наблюдатели и гости – в гостинице «Холидей Инн» (Сокольники). Теоретический и экспериментальный тур проходили в аудиториях и практикумах химического факультета МГУ. Церемония открытия была организована на площади перед Интеллектуальным центром – Фундаментальной библиотекой МГУ, закрытие состоялось в Актовом зале МГУ.

Общий бюджет МХО-2007 составил 72050 тыс. руб., из них 45300 тыс. руб. – бюджетные средства, 26750 тыс. руб. – средства спонсоров. Генеральными спонсорами Олимпиады были компании «Базовый элемент» и «Лукойл-нефтехим», генеральным партнером – Благотворительный фонд В. Потанина.

### 3. Научная программа

Концепция научной программы отражена в лозунге Олимпиады: «Химия – искусство, наука, развлечение». Идея лозунга состояла в том, чтобы отразить различные аспекты химии, а именно: показать, что занятие химией – это, в первую очередь, творческая деятельность; выявить современные научные проблемы, над которыми работают химики; продемонстрировать, что решение интересных, творчески составленных задач может доставить эстетическое удовольствие.

В рамках этой концепции необходимо было составить задачи таким образом, чтобы:

1) отразить последние достижения химии в таких областях как нанохимия, квантовые компьютеры, хиральный автокатализ и др.;

2) подчеркнуть междисциплинарный характер современной науки и показать, что самые интересные направления химии находятся на стыке с другими науками;

- 3) дать возможность школьникам проявить свои интеллектуальные способности и получить удовольствие от решения задач;
- 4) отразить достижения отечественных ученых.

Согласно правилам МХО, не позднее чем за полгода до начала Олимпиады, организаторы должны предложить набор тренировочных задач, в которых анонсируются все основные темы предстоящей Олимпиады. Этот набор задач на английском языке посылают во все страны-участники МХО и выставляют в открытом доступе в Интернете.

В МХО-2007 тренировочный набор состоял из 28 теоретических и 6 экспериментальных задач. Названия задач, по которым можно составить представление о широте охвата основных разделов химии, приведены ниже.

### *Теоретические подготовительные задачи*

1. На границах периодической системы.
2. Кот Шредингера и химия.
3. Квантовая неопределенность.
4. Квантовая химия зрения.
5. Наночастицы и нанофазы.
6. В какую сторону идет химическая реакция?
7. Принцип Ле Шателье.
8. Дмитрий Иванович Менделеев – что кроме периодического закона?
9. Кинетика свободнорадикальных реакций.
10. Асимметрический автокатализ – усиление хиральной асимметрии.
11. Радиоуглеродный анализ.
12. Определение железа.
13. Определение серы.
14. Определение магния.
15. Неорганические фосфаты: от растворов к кристаллам.
16. Фрукты, овощи и атомы.
17. Кобальт – хамелеон.
18. Формозная реакция.
19. Аналогии в органической химии.
20. Кето-енольная таутомерия.
21. Необычные пути окисления жирных кислот:  $\alpha$ -окисление.

22. Необычные пути окисления жирных кислот:  $\omega$ - и ( $\omega$ -1)-окисление.
23. Необычные пути окисления жирных кислот: перекисное окисление липидов.
24. Биологически активные пептиды и пути их метаболизма.
25. Радикальная полимеризация.
26. Ионная полимеризация.
27. Сополимеризация.
28. Туннелирование в химии.

### *Экспериментальные подготовительные задачи*

29. Титриметрическое определение железа в разных степенях окисления.
30. Асимметрический автокатализ – численный эксперимент.
31. Колебательные реакции.
32. Определение константы кислотности бромкрезолового синего (3',3'',5',5''-тетрабром-м-крезолсульфонфталеина).
33. Кислотный оранжевый 7.
34. Определение молекулярной массы белка с использованием гель-фильтрации.

Принципиально новым в этом комплекте стало введение численного эксперимента (задача 30), который позволил исследовать особенности кинетических кривых для автокаталитической реакции в зависимости от условий эксперимента – начальных концентраций веществ и констант скорости.

Задачи основного тура Олимпиады – как теоретического, так и экспериментального – были составлены по мотивам тренировочных задач. Рассмотрим их содержание более подробно.

Первая задача была посвящена квантовой химии. Ее целью было показать, что квантовая механика – основная теория химии, а химики-теоретики мыслят и рассуждают в терминах не только химических структур, но также чисел, функций и энергетических кривых.

## Задача 1. Туннелирование протона

Автор: В. Еремин

Туннелирование протона сквозь энергетические барьеры – важный эффект, наблюдаемый во многих сложных соединениях, содержащих водородные связи (ДНК, белки и т.д.). Пропандиаль (малоновый альдегид) является одной из самых простых молекул, в которых может происходить внутримолекулярный перенос протона.

**1.1.1.** Нарисуйте структуру пропандиала и двух его изомеров, которые могут находиться в равновесии с ним.

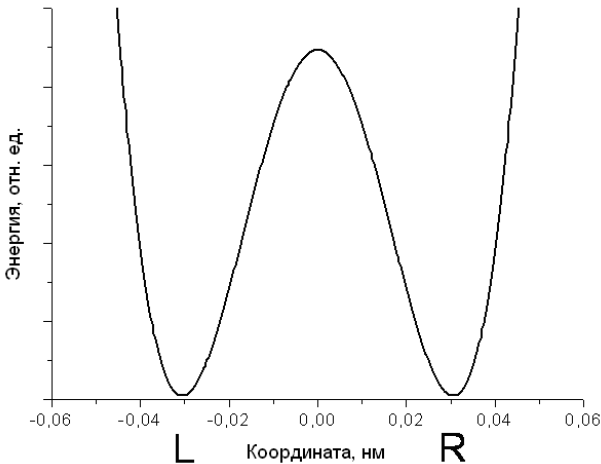
**1.1.2.** В водном растворе малоновый альдегид является слабой кислотой, по силе сравнимой с уксусной. Укажите кислый атом водорода. Объясните причину его кислотности, выберите один вариант из предложенных ниже.

а) Стабильность карбаниона за счёт сопряжения с двумя карбонильными группами.

б) Слабость С–Н связи в альдегидной группе.

в) Водородные связи между двумя молекулами пропандиала.

На рисунке приведен энергетический профиль внутримолекулярного переноса протона (зависимость энергии от координаты переносимого протона (в нм)). График зависимости имеет симметричную форму с двумя минимумами.

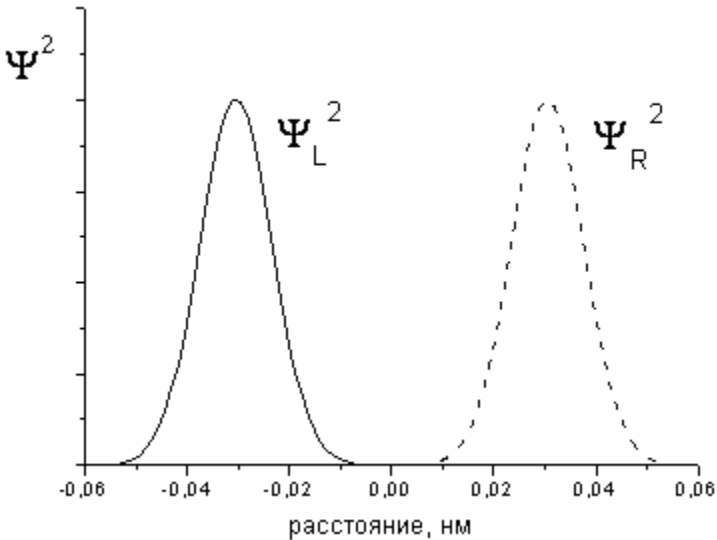


**1.2.1.** Нарисуйте структурные формулы, соответствующие минимумам на графике.

Протон делокализован между двумя атомами и колеблется между двумя минимумами, L и R, с угловой частотой  $\omega = 6.48 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$ . Зависимость плотности вероятности нахождения протона от времени выглядит так:

$$\Psi^2(x,t) = \frac{1}{2} \left[ \Psi_L^2(x) + \Psi_R^2(x) + (\Psi_L^2(x) - \Psi_R^2(x)) \cos(\omega t) \right],$$

где волновые функции  $\Psi_L(x)$  и  $\Psi_R(x)$  соответствуют протону, локализованному в левом и правом минимуме соответственно:



**1.3.1.** Напишите выражение для плотности вероятности при (а)  $t = 0$ , (б)  $t = \pi/(2\omega)$ , (в)  $t = \pi/\omega$ . Нарисуйте графики этих трех функций.

**1.3.2.** Не используя расчеты, определите вероятность нахождения протона в левом минимуме при  $t = \pi/(2\omega)$ .

**1.3.3.** Сколько времени требуется протону для перехода из одного минимума в другой? Какова при этом его средняя скорость?

**1.3.4** Из графика, приведенного выше, оцените неопределенность положения протона. Рассчитайте минимально возможную неопределенность его скорости. Сравните полученное значение с ответом на вопрос **1.3.3** и сделайте вывод о туннелировании протона. Выберите один из вариантов.

а) Протон – достаточно тяжёлая частица, и его туннелирование в малоновом альдегиде может быть описано с помощью классических понятий координаты и скорости.

б) Туннелирование протона – чисто квантовый эффект; он не может быть объяснен с помощью классических понятий.

в) Неопределённость скорости протона настолько велика, что туннелирование протона не может быть обнаружено экспериментально.

г) Неопределённость скорости протона настолько мала, что туннелирование протона не может быть обнаружено экспериментально.

*Ответы.*

**1.1.2.** а)

**1.3.1.** а)  $\Psi^2(x, 0) = \Psi_L^2(x)$

б)  $\Psi^2\left(x, \frac{\pi}{2\omega}\right) = \frac{1}{2}[\Psi_L^2(x) + \Psi_R^2(x)]$

в)  $\Psi^2\left(x, \frac{\pi}{\omega}\right) = \Psi_R^2(x)$

**1.3.2.** 1/2

**1.3.3.**  $t = 4.85 \cdot 10^{-12}$  с;  $V = 12$  м/с.

**1.3.4.**  $\Delta x = 0.03$  нм;  $\Delta V = 1000$  м/с. Вариант (б).

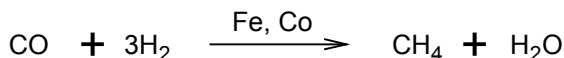
Вторая задача посвящена актуальной, бурно развивающейся области – нанохимии. В задаче показано, что термодинамические свойства химических реакций зависят от размеров участвующих

частиц, причем уменьшение размеров может способствовать протеканию не только полезных, но и нежелательных реакций.

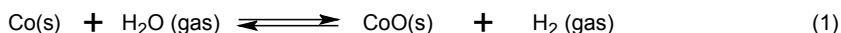
## Задача 2. Нанохимия

Автор: М. Коробов

Металлы подгруппы железа являются эффективными катализаторами гидрирования CO (реакция Фишера–Тропша)



Катализатор (например, кобальт) часто используют в виде твёрдых наночастиц сферической формы (рис. 1). Уменьшение размеров частиц катализатора существенно увеличивает каталитическую активность. Нежелательная побочная реакция включает окисление катализатора:



При этом в реакционном сосуде образуется сплошная фаза оксида кобальта. Это приводит к необратимой потере массы катализатора. Оксид кобальта может также образовываться на поверхности Co(s). В этом случае вокруг поверхности частиц катализатора образуется сферический слой оксида (рис. 2), и каталитическая активность уменьшается.

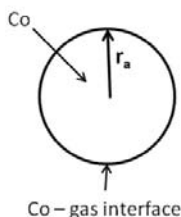


Рис. 1

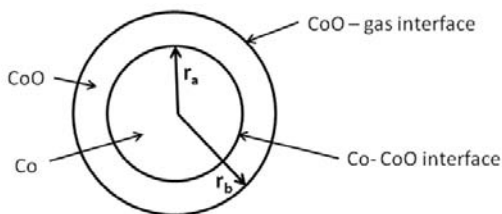


Рис. 2

Рассмотрим, как образование наночастиц влияет на равновесие реакции (1). Полезное уравнение:

$$G^\circ(r) = G^\circ(\text{сплошной фазы}) + \frac{2\sigma}{r}V.$$

**2.1.1.** *Рассчитайте стандартную энергию Гиббса  $\Delta_r G^\circ(1)$  и константу равновесия реакции (1) при  $T = 500$  К.*

**2.1.2.** *Рассчитайте константу равновесия реакции (1), если кобальтовый катализатор находится в виде сферических частиц (рис. 1) радиусом*

(а)  $10^{-8}$  м,

(б)  $10^{-9}$  м.

Поверхностное натяжение на границе раздела Со – газ равно  $0.16$  Дж/м<sup>2</sup>. СоО образует сплошную фазу.

Смесь газов, участвующих в реакции Фишера–Тропша (СО, СН<sub>4</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О) помещена в реакционный сосуд, содержащий кобальтовый катализатор. Общее давление равно  $p = 1$  бар, температура  $T = 500$  К. Мольная доля водорода (%) в смеси равна  $0.15$  %.

**2.2.1.** *При какой минимальной мольной доле воды (%) в газовой смеси станет возможным самопроизвольное нежелательное окисление катализатора с образованием в системе сплошной фазы СоО? Считайте, что Со катализатор находится в виде*

(а) сплошной фазы,

(б) сферических наночастиц радиусом  $r_a = 1$  нм (рис. 1).

**2.2.2.** *Что бы вы предложили для защиты наночастиц Со от самопроизвольного окисления с образованием сплошной фазы СоО при постоянном соотношении  $p(\text{H}_2\text{O}) / p(\text{H}_2)$  и постоянной температуре:*

(а) увеличить  $r_a$

(б) уменьшить  $r_a$

(в) изменение  $r_a$  не оказывает влияния.

Допустим теперь, что сплошная фаза оксида кобальта образует сферический слой вокруг наночастицы кобальта. В этом случае наночастица содержит как реагент (Со), так и продукт



(CoO) (рис. 2). В следующих задачах обозначим поверхностные натяжения как  $\sigma_{\text{CoO-gas}}$ ,  $\sigma_{\text{CoO-Co}}$ , радиусы как  $r_a$ ,  $r_b$ , молярные объёмы как  $V(\text{Co})$ ;  $V(\text{CoO})$ .

**2.3.1.** Запишите выражение для стандартной молярной функции Гиббса CoO.

**2.3.2.** Запишите выражение для стандартной молярной функции Гиббса Co.

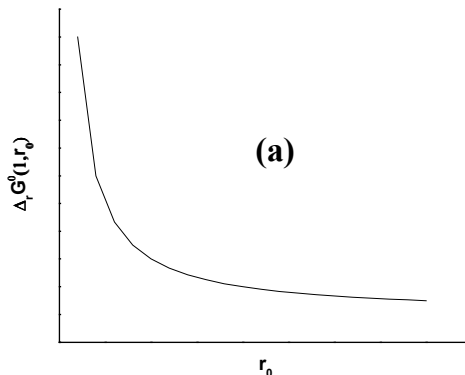
*Указание.* Если две сферические поверхности раздела окружают наночастицу, избыточное давление в её центре описывается выражением

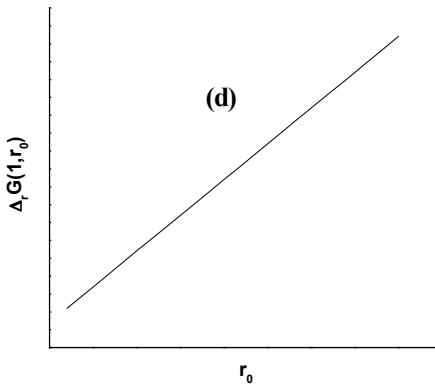
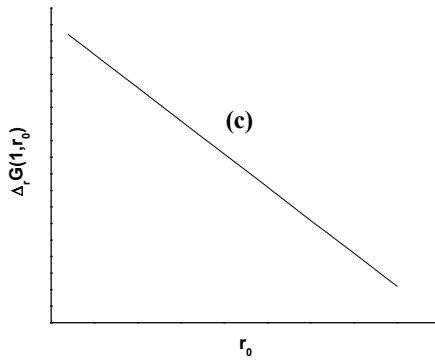
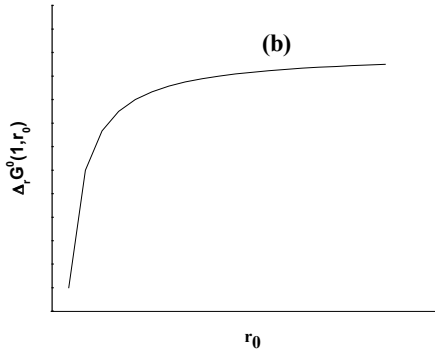
$$P_{\text{in}} - P_{\text{ex}} = \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 2 \frac{\sigma_1}{r_1} + 2 \frac{\sigma_2}{r_2},$$

где  $r_i$ ,  $\sigma_i$  – соответственно радиус и поверхностное натяжение на  $i$ -ой границе раздела.

**2.3.3.** Выразите стандартную энергию Гиббса реакции (1)  $\Delta_r G^0(1, r_a, r_b)$  через  $\sigma_{\text{CoO-gas}}$ ,  $\sigma_{\text{CoO-Co}}$ ,  $r_a$ ,  $r_b$ ,  $V(\text{Co})$ ;  $V(\text{CoO})$  и  $\Delta_r G^0(1)$ .

**2.3.4.** Когда самопроизвольное окисление начинается, радиусы двух слоёв на наночастице (рис. 2) почти равны,  $r_a = r_b = r_0$ , и  $\Delta_r G^0(1, r_a, r_b) = \Delta_r G^0(1, r_0)$ . Допустим, что  $\sigma_{\text{CoO-gas}} = 2\sigma_{\text{CoO-Co}}$ . Какой из приведенных графиков правильно описывает зависимость  $\Delta_r G^0(1, r_0)$  от  $r_0$ ?





**2.3.5.** *Что бы вы предложили для защиты наночастиц Co от самопроизвольного образования внешнего слоя CoO при постоянном соотношении  $p(\text{H}_2\text{O})/p(\text{H}_2)$  и постоянной температуре:*

(a) *увеличить  $r_0$*

(б) уменьшить  $r_0$

(в) изменение  $r_0$  не оказывает влияния.

Справочные данные:

Вещество	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\Delta_f G_{500}^\circ$ , кДж/моль
Co (s)	8.90	
CoO (s)	5.68	-198.4
H <sub>2</sub> O (gas)		-219.1

Ответы.

2.1.1.  $\Delta_r G_{500}^0(1) = 20.7$  кДж/моль;  $K = 6.88 \cdot 10^{-3}$

2.1.2. а)  $K(1, r_a) = 7.22 \cdot 10^{-3}$

б)  $K(1, r_a) = 11.4 \cdot 10^{-3}$

2.2.1. а)  $\frac{p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{H}_2)} = 145.6$

б)  $\frac{p(\text{H}_2\text{O})}{p(\text{H}_2)} = 87.7$

2.2.2. (а)

2.3.4. (а)

2.3.5. (б)

В третьей теоретической задаче рассмотрены колебательные реакции. Эта тема тесно связана с именами двух российских химиков – Б.П. Белоусова и А.М. Жаботинского, которые открыли и исследовали одну из самых знаменитых реакций 20-го века, впоследствии названную в их честь. В задаче показано, как в открытой системе автокаталитические стадии приводят к осцилляциям концентраций, и как изменение начальных концентраций или констант скорости драматически влияет на кинетические кривые.

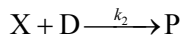
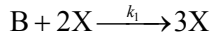
### Задача 3. Неустойчивые химические реакции

Автор: В. Еремин

Многие химические реакции имеют неустойчивый характер. В зависимости от условий (концентрация, температура) такие реакции могут протекать в различных режимах: устойчивом, коле-

бательном или хаотическом. Механизм большинства таких реакций включает автокаталитические элементарные стадии.

Рассмотрим механизм простой реакции, включающий автокаталитическую стадию:



( $B$  и  $D$  – реагенты,  $X$  – интермедиат,  $P$  – продукт).

**3.1.1.** *Напишите суммарное уравнение реакции, соответствующей этому двухстадийному механизму. Напишите кинетическое уравнение для  $X$ .*

**3.1.2.** *Выведите кинетическое уравнение этой реакции, используя квазистационарное приближение. Найдите:*

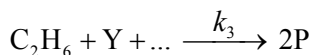
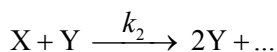
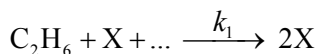
- (i) порядок реакции по реагенту  $B$ ,
- (ii) порядок реакции по реагенту  $D$ ,
- (iii) суммарный порядок реакции.

Пусть реакция протекает в открытой системе, причем вещества  $B$  и  $D$  постоянно добавляются в систему так, что их концентрации поддерживаются постоянными и равными друг другу:  $[B] = [D] = \text{const}$ .

**3.2.1.** *Не решая кинетическое уравнение, нарисуйте кинетические кривые  $[X](t)$  для случаев: 1)  $[X]_0 > k_2/k_1$  2)  $[X]_0 < k_2/k_1$*

**3.2.2.** *Не решая кинетическое уравнение, нарисуйте кинетическую кривую  $[X](t)$  для случая, когда реакция протекает в закрытой системе, а начальные концентрации удовлетворяют следующим соотношениям:  $[B]_0 = [D]_0$ ,  $[X]_0 > k_2/k_1$*

Гораздо более сложное кинетическое поведение присуще реакциям с несколькими интермедиатами. Рассмотрим упрощённый механизм холодного горения этана в кислороде:



При определенных условиях эта реакция протекает в колебательном режиме. Интермедиатами являются пероксид  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  и альдегид  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ , а P – стабильный продукт.

**3.3.1.** Определите вещества X, Y, и P. Заполните пробелы в механизме реакции.

Поведение неустойчивых химических реакций часто определяется температурой, влияющей на значения констант скорости. В приведённом выше механизме колебания концентраций возможны лишь при  $k_1 \geq k_2$ . Параметры уравнения Аррениуса были определены экспериментально:

Номер стадии	$A$ , $\text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$	$E_A$ , кДж/моль
1	$1.0 \cdot 10^{11}$	90
2	$3.0 \cdot 10^{12}$	100

**3.4.1.** Какова наибольшая температура, при которой ещё возможны колебания? Ответ подтвердите расчётом.

Ответы.

**3.1.1.**  $\text{B} + \text{D} \rightarrow \text{P}$ ;  $\frac{d[\text{X}]}{dt} = k_1[\text{B}][\text{X}]^2 - k_2[\text{D}][\text{X}]$

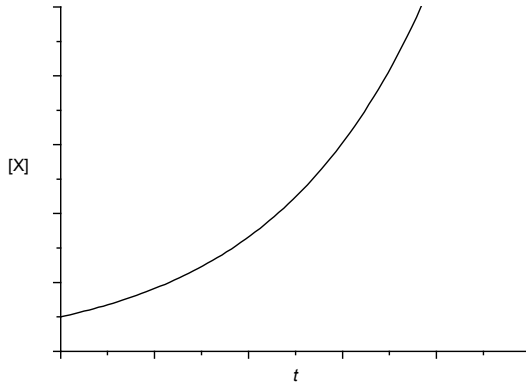
**3.1.2.**  $\frac{d[\text{P}]}{dt} = \frac{k_2^2[\text{D}]^2}{k_1[\text{B}]}$

(i) 2

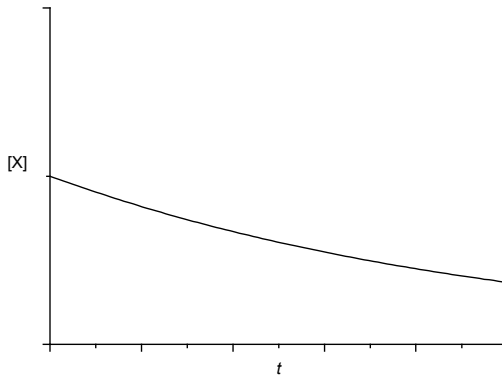
(ii) -1

(iii) 1

### 3.2.1.

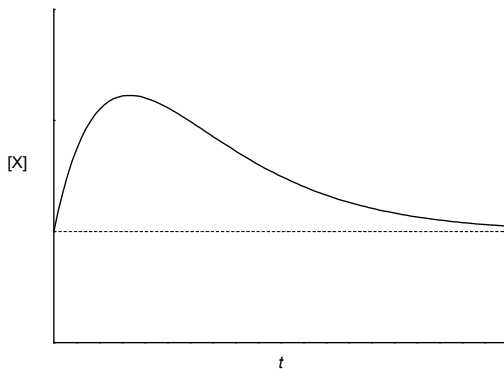


1)



2)

### 3.2.2.



**3.3.1.** X – C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, Y – C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O, P – C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O. Точки обозначают O<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.

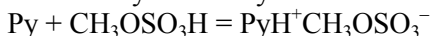
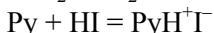
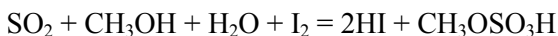
**3.4.1.** T = 354 К.

В задаче по аналитической химии анализируется метод определения воды по Фишеру, который был открыт около 100 лет назад, но до сих пор остается лучшим способом количественного анализа воды. В задаче используются сложные стехиометрические расчеты, различные для разных веществ.

#### **Задача 4. Определение воды титрованием по Фишеру**

Автор: А. Гармаш

Классическая методика определения воды по Фишеру включает в себя титрование раствора (или суспензии) анализируемого образца в метаноле метанольным раствором иода, содержащим избыток SO<sub>2</sub> и пиридин (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N, Py) – реагентом Фишера. При титровании протекают следующие реакции:



Содержание иода обычно выражают в мг воды, реагирующей с 1.00 мл раствора титранта (здесь и ниже обозначено T, мг/мл). T определяют экспериментально, проводя титрование образца с известным содержанием воды. В качестве такого образца может выступать, например, какое-либо гидратированное вещество или стандартный раствор воды в метаноле. В последнем случае необходимо учитывать, что сам метанол может содержать определённое количество воды.

Во всех расчётах используйте значения атомных масс с двумя знаками после запятой.

**4.1.** Иногда титрование воды проводят в пиридине без метанола. Как будет протекать реакция между I<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в этом случае? Приведите уравнение реакции с коэффициентами.

Рассчитайте значение T раствора иода в каждом из указанных ниже случаев:

**4.2.1.** 12.20 мл раствора иода было использовано на титрование 1.352 г дигидрата тартрата натрия  $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

**4.2.2.** Известное количество воды (21.537 г) поместили в мерную колбу на 1.000 л и затем довели до метки метанолом. Для титрования 10.00 мл полученного раствора потребовалось 22.70 мл реагента Фишера, в то время как на титрование 25.00 мл метанола потребовалось 2.20 мл этого же реагента Фишера.

**4.2.3.** 5.624 г воды разбавили метанолом до общего объёма 1.000 л (раствор **A**); 22.45 мл этого раствора затратили на титрование 15.00 мл реагента Фишера (раствора **B**). Затем смешали 25.00 мл метанола (такого же, как использованный выше для приготовления раствора **A**) и 10.00 мл раствора **B**, и эту смесь оттитровали раствором **A**. На титрование пошло 10.79 мл этого раствора.

**4.3.** *Неопытный аналитик попытался определить содержание воды в образце  $\text{CaO}$  при помощи реагента Фишера. Напишите уравнение(я) реакции(й), приводящих к возможным ошибкам.*

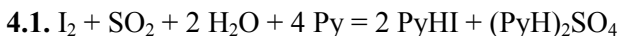
Для титрования 0.6387 г кристаллогидрата  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  было затрачено 10.59 мл реагента Фишера ( $T = 15.46$  мг/мл).

**4.4.1.** *Какая(ие) другая(ие) реакция(и), кроме приведённых в условии задачи, могут протекать при титровании этого образца? Приведите уравнения двух таких реакций.*

**4.4.2.** *Запишите полное уравнение реакции  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  с реагентом Фишера.*

**4.4.3.** *Рассчитайте состав гидрата  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ( $x = \text{целое}$ ).*

*Ответы.*



**4.2.1.**  $T = 17.36$  мг/мл

**4.2.2.**  $T = 9.87$  мг/мл



4.2.3.  $T = 10.09$  мг/мл

4.3.  $\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$ ;  $6\text{CaO} + 6\text{I}_2 = 5\text{CaI}_2 + \text{Ca}(\text{IO}_3)_2$

4.4.1.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{HI} = 2\text{FeSO}_4 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{CH}_3\text{OH} = 2\text{FeSO}_4 + \text{CH}_3\text{OH}\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

4.4.2.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + (x - 1)\text{I}_2 + x\text{SO}_2 + x\text{CH}_3\text{OH} =$   
 $= 2\text{FeSO}_4 + x\text{CH}_3\text{OH}\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2(x - 1)\text{HI}$

4.4.3.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Органическая химия была представлена изящной «угадайкой», посвященной «скрытым формам» уксусной кислоты.

### Задача 5. Загадочная смесь

Авторы: А.Чепраков, И.Трушков

Эквимольная смесь **X** трёх бесцветных органических жидкостей **A**, **B**, **C** при нагревании в воде, содержащей каталитические количества соляной кислоты, даёт после отделения воды только смесь уксусной кислоты и этанола в молярном соотношении 1 : 2 и не содержащей других компонентов. Если добавить к этой смеси каталитическое количество (1–2 капли) серной кислоты, то после долгого кипячения с обратным холодильником можно с 85% выходом получить летучую жидкость **D** с приятным запахом. Соединение **D** не идентично ни одному из веществ **A**, **B**, **C**.

5.1.1. *Изобразите структуру вещества D.*

5.1.2. *K какому классу органических соединений относится D?*

5.1.3. *Даже если кипячение продолжается вдвое дольше, выход D не превышает 85%. Рассчитайте ожидаемый выход D, если в реакции была использована смесь этанола и уксусной кислоты в молярном соотношении 1:1. Считайте, что: а) объём смеси не меняется в ходе реакции; б) всеми сопутствующими факторами (эффект растворителя, неаддитивность объёмов, изменение температуры) можно пренебречь. Если вы не можете точно рассчитать выход, укажите, будет ли он: а) таким же (85%); б) больше 85%; в) меньше 85%.*

<sup>1</sup>H ЯМР спектры соединений **A**, **B**, **C** очень похожи и все содержат синглет, триплет и квартет с отношением интегральных интенсивностей 1:3:2.

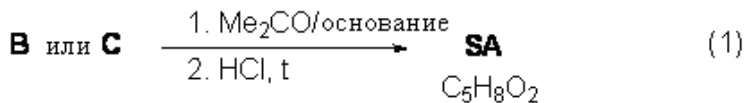
Смесь **X** подвергли щелочному гидролизу. При этом **A** не вступило в реакцию, и его отделили. Подкисление и непродолжительное кипячение полученного после гидролиза раствора дало смесь уксусной кислоты и этанола в молярном соотношении 2:3; в ходе кипячения происходило выделение газа.

Та же самая смесь **X** (3.92 г) была растворена в диэтиловом эфире и подвергнута гидрированию в присутствии Pd на активированном угле. При этом было поглощено 0.448 л (нормальные условия) водорода, но после завершения реакции **A** и **C** были выделены в неизменном виде (общей массой 3.22 г), а в оставшемся растворе не было обнаружено никаких других органических веществ, кроме диэтилового эфира.

**5.2.1.** *Определите и изобразите структуры **A**, **B**, и **C**.*

**5.2.2.** *Какие промежуточные соединения образуются при кислотном гидролизе **C** и щелочном гидролизе **B**?*

Реакция как **B**, так и **C** с ацетоном в присутствии основания с последующим подкислением HCl и небольшим нагреванием даёт одно и то же вещество, сенециовую кислоту, широко распространённую в природе. Также сенециовая кислота может быть получена из ацетона обработкой концентрированной HCl с последующим окислением продукта реакции иодом в щелочной среде. В последней реакции помимо натриевой соли сенециовой кислоты образуется тяжёлый жёлтый осадок **E** (смотри схему 2).



**5.3.1.** *Определите структуру натриевой соли сенециовой кислоты и нарисуйте схему реакций её получения из ацетона.*

**5.3.2.** *Изобразите структуру E.*

*Ответы.*

**5.1.1.**  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$

**5.1.2.** Сложный эфир

**5.1.3.** 67%

**5.2.1.** A –  $\text{CH}_3\text{C}(\text{OEt})_3$ , B –  $\text{HC}\equiv\text{COEt}$ , C –  $\text{CH}_2(\text{COOEt})_2$

**5.3.1.**  $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCOONa}$

**5.3.2.**  $\text{CH}_3$

Задача по неорганической химии посвящена химии силикатов. В ней наглядно демонстрируется, что химия – это не только формулы и уравнения, но и красивые геометрические образы.

### **Задача 6. Силикаты как основа земной коры**

Авторы: В. Путляев, С. Серяков

Оксид кремния и производные от него вещества – силикаты – составляют около 90% веществ земной коры. Производным оксида кремния является и замечательный материал – стекло. Никто точно не знает, как именно было открыто стекло. Существует красивая история о финикийских моряках, которые случайно сплавляли морской кварцевый песок с кальцинированной содой. Возможно, финикийцы открыли и секрет «жидкого стекла» (ЖС) – растворимого в воде метасиликата натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).

**6.1.1.** *Водный раствор ЖС раньше использовали в качестве канцелярского клея. Напишите общее ионное уравнение реакции, ответственной за способность ЖС застывать на воздухе.*

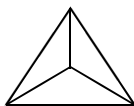
Гидролиз ЖС в воде позволяет получить коллоидный раствор кремниевой кислоты.

**6.1.2.** *Заполните приведенную ниже таблицу. Напишите общие ионные уравнения, соответствующие процессам, перечис-*

ленным в Таблице. Для каждого процесса пометьте квадратик «Да», если процесс приводит к изменению рН. В противном случае пометьте квадратик «Нет».

а) протонирование ортосиликат-ионов приводит к образованию Si–OH групп	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
Уравнение реакции:		
б) образование гидратированных анионов $[\text{SiO}_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{4-}$	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
Уравнение реакции:		
в) поликонденсация ортосиликат-ионов, приводящая к образованию связей Si–O–Si	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
Уравнение реакции:		

Структура частиц, содержащихся в водных растворах силикатов, весьма сложна. Однако можно выделить главный структурный элемент всех частиц – тетраэдр ортосиликата ( $\text{SiO}_4^{4-}$ , 1):



(1)

Для иона  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{n-}$ , встречающегося в водных растворах силикатов:

**6.2.1.** Определите заряд ( $n$ ).

**6.2.2.** Определите число атомов кислорода, связывающих смежные тетраэдры.

**6.2.3.** Изобразите структуру иона, соединив несколько тетраэдров (1). Учтите, что любые смежные тетраэдры имеют одну общую вершину.

Заряженные монослои состава  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{m-}$  встречаются в каолините (глине).

**6.2.4.** Используя тот же подход, что и в пунктах 6.2.1–6.2.3, изобразите фрагмент слоистой структуры, соединив 16 тетраэдров (1). Учтите, что 10 тетраэдров имеют общие вершины с

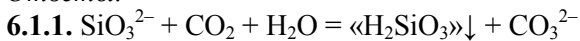
2 соседями каждый, а остальные 6 имеют общие вершины с 3 соседями каждый.

При помещении в водный раствор ЖС соли переходных металлов образуют причудливые «деревья», окрашенные в цвет соответствующей соли переходного металла. Например, кристаллы  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  образуют голубые «деревья», а кристаллы  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – зелёные «деревья».

**6.3.1.** Определите  $\text{pH}$  0.1 М водного раствора сульфата меди при  $25^\circ\text{C}$ , считая, что его гидролиз протекает только в малой степени. Используйте значение первой константы кислотности  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$   $K_a^1 = 1 \cdot 10^{-7}$  М.

**6.3.2.** Напишите уравнение реакции между водным раствором  $\text{CuSO}_4$  и метасиликатом натрия (ЖС). Примите во внимание значения  $\text{pH}$  водных растворов этих солей.

Ответы.

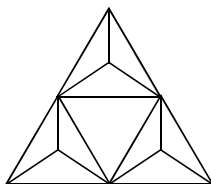


**6.1.2.** а) Да; б) нет; в) да.

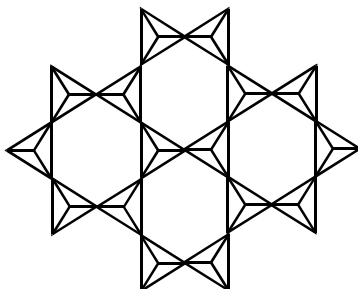
**6.2.1.**  $n = 6$

**6.2.2.** 3

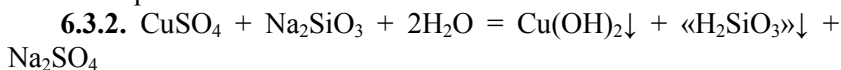
**6.2.3.**



**6.2.4.**  $m = 4$



6.3.1. pH = 4

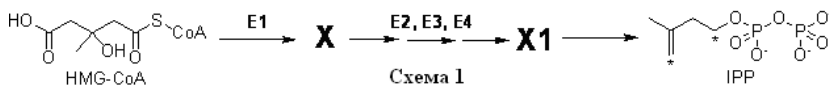


Задача 7 относится к области биохимии. Она проливает свет на метаболизм холестерина, что используется для лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

### Задача 7. Атеросклероз и интермедиаты в биосинтезе холестерина

Авторы: Б. Гарифуллин, А. Гладилин,  
А. Бачева, И. Бабкин

Холестерин – широко распространенный в природе липид. Нарушение его метаболизма ведет к атеросклерозу и связанным с ним смертельным заболеваниям. Вещества **X** и **Y** являются ключевыми интермедиатами в биосинтезе холестерина у животных. **X** – оптически активная монокарбоновая кислота, состоящая из атомов трех элементов. В организме она образуется из (*S*)-3-гидрокси-3-метилпентандиоил-кофермента А (HMG-CoA). Эта реакция катализируется ферментом **E1**, и не включает воду в качестве субстрата. Затем **X** метаболизируется в **X1** в результате трёхстадийного процесса, протекающего под действием ферментов **E2**, **E3**, **E4**, которые катализируют реакции одного и того же (и только одного) типа. Наконец, **X1** спонтанно (неферментативно) разлагается с образованием изопентенилпирофосфата (3-метилбут-3-енил дифосфата, IPP) и неорганических продуктов:

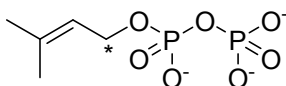


7.1.1. Укажите тип(ы) реакции(й), катализируемой(ых) **E1** и **E3**.

№	Тип реакции
1.	Дегидрирование
2.	Декарбоксилирование
3.	Дефосфорилирование
4.	4 электронное восстановление
5.	Образование восстановленной формы кофермента А (CoA-SH)
6.	Монофосфорилирование
7.	Окисление гидроксильной группы как третья стадия цикла β-окисления HMG-CoA

**7.1.2.** Изобразите структуру X с учётом стереохимии и укажите абсолютную конфигурацию (R или S) стереоцентра.

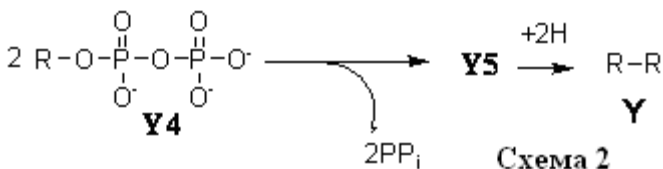
Y – ненасыщенный ациклический углеводород. При восстановительном озонлизе он даёт смесь трёх органических соединения Y1, Y2 и Y3 в молярном соотношении 2:4:1. Y образуется в результате серии последовательных конденсаций двух изомерных соединений: IPP и диметилаллилпирофосфата (3-метилбут-2-енилдифосфата, DAP) с последующим восстановлением двойной связи в конечном продукте конденсаций Y5. Атомы углерода в IPP и DAP, участвующие в образовании C–C связи в процессе биосинтеза Y, помечены звёздочкой.



**DAP**

**7.2.1.** Приведите общее уравнение реакции восстановительного озонлиза DAP, если в качестве восстановителя использован диметилсульфид.

Конечный продукт конденсации (углеводород Y5) образуется в результате соединения двух углеводородных остатков (R) интермедиата Y4:



В ходе каждой реакции конденсации (за исключением реакции на Схеме 2) на 1 моль продукта выделяется 1 моль пирофосфата.

**7.2.2.** Определите брутто-формулу **Y**, если известно, что **Y2** и **Y3** содержат 5 и 4 атома углерода соответственно.

**7.2.3.** Рассчитайте количество молекул **IPP** и **DAP**, необходимых для получения одной молекулы **Y5**, если известно, что все атомы углерода изомерных пирофосфатов входят в состав **Y**.

**7.2.4.** Изобразите структуру продукта конденсации одной молекулы **IPP** и одной молекулы **DAP** (в образовании C–C связи участвуют только атомы углерода, отмеченные звёздочкой), если известно, что последующий восстановительный озонлиз этого вещества даёт **Y1**, **Y2** и ещё один продукт, содержащий фосфор.

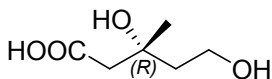
Единственная двойная связь, которая подвергается восстановлению при превращении **Y5** в **Y**, образуется в результате реакции, указанной в Схеме 2. Все двойные связи в **Y** и **Y4** имеют транс-конфигурацию.

**7.2.5.** Изобразите структуры **Y** и **Y4** с указанием стереохимии.

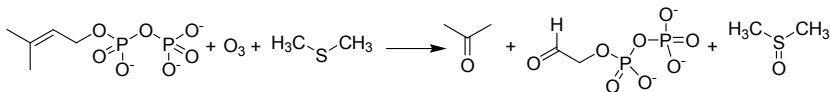
*Ответы*

**7.1.1.** E1 – 4, 5; E3 – 6.

**7.1.2.**



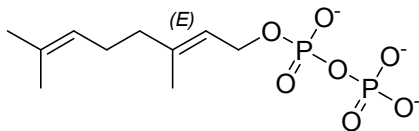
**7.2.1.**



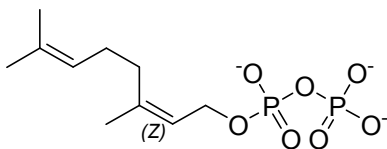
**7.2.2.** Y – C<sub>30</sub>H<sub>50</sub>

**7.2.3.** 4 IPP, 2 DAP

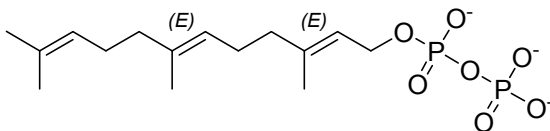




7.2.4.

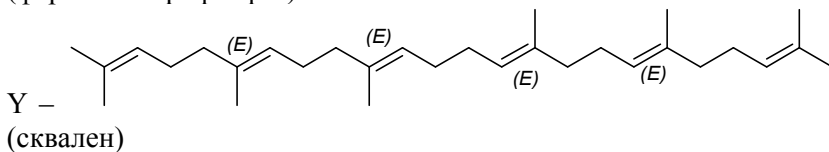


или



7.2.5. Y4 –

(фарнезилпирофосфат)



Y –

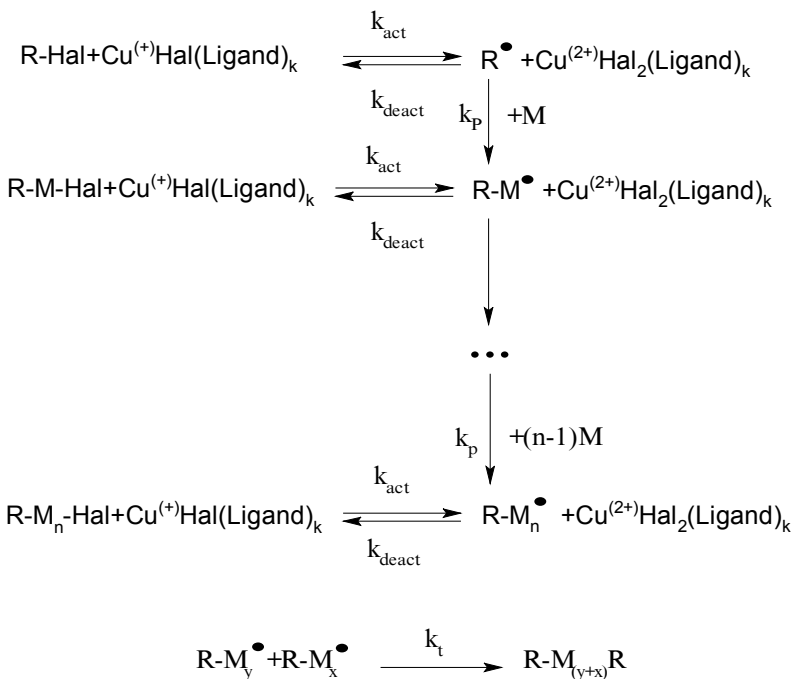
(сквален)

В заключительной теоретической задаче был описан новый подход к управляемой радикальной полимеризации, названный РППА – радикальная полимеризация с переносом атома

### Задача 8. РППА открывает путь к новым полимерам

Авторы: Н. Мелик-Нубаров, А. Беркович, Е. Карпушкин, Ю. Валева

РППА (Радикальная Полимеризация с Переносом Атома) является одним из наиболее перспективных новых подходов к синтезу полимеров. Эта модификация радикальной полимеризации основана на окислительно-восстановительной реакции органических галогенсодержащих соединений с комплексами переходных металлов, в частности Cu(I). Процесс можно описать следующей схемой (M – мономер, Hal – галоген):



Константы скорости обозначены следующим образом:  
 $k_{\text{act}}$  – все реакции активации,  $k_{\text{deact}}$  – все реакции обратимой дезактивации,  $k_p$  – развитие цепи,  $k_t$  – необратимый обрыв цепи.

**8.1.1.** Запишите выражения для скоростей элементарных стадий РППА: активации ( $v_{\text{act}}$ ), дезактивации ( $v_{\text{deact}}$ ), развития ( $v_p$ ) и обрыва цепи ( $v_t$ ). Запишите общее уравнение, считая, что в реакцию вступает только один галогенид  $\text{R}'\text{-Hal}$  (где  $\text{R}'$  – обозначает  $\text{R-}$  или  $\text{R-M}_n\text{-}$ ).

Считайте, что общее число полимерных цепей равно числу молекул инициатора. Считайте также, что в каждый момент времени на всём протяжении полимеризации все цепи имеют одинаковую длину.

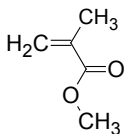
**8.1.2.** Сравните скорость дезактивации со скоростями элементарных стадий РППА.

Зависимость концентрации мономера ( $[M]$ ) от времени реакции ( $t$ ) для РППА такова:

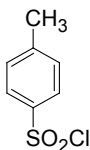
$$\ln\left(\frac{[M]}{[M]_0}\right) = -k_p \cdot [R^\cdot] \cdot t,$$

где  $[M]_0$  – начальная концентрация мономера,  $k_p$  – константа скорости развития цепи,  $[R^\cdot]$  – концентрация активных радикалов.

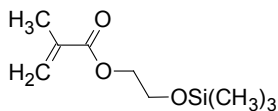
Для получения образца полимера с помощью РППА были смешаны каталитические количества  $\text{CuCl}$  и органического лиганда (L) и 31.0 ммоль мономера (метилметакрилата, или MMA). Реакцию инициировали путём добавления 0.12 ммоль тозилхлорида (TsCl). Полимеризацию проводили в течение 1400 с. Значение  $k_p$  равно  $1616 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ , а стационарная концентрация радикалов равна  $1.76 \cdot 10^{-7} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$ .



MMA



TsCl



HEMA-TMS

### 8.2.1. Рассчитайте массу ( $m$ ) полученного полимера.

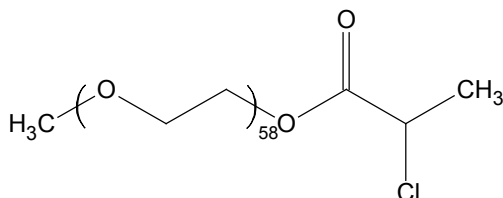
В другом эксперименте время полимеризации MMA изменили (все остальные условия реакции остались прежними). Масса полученного полимера была равна 0.73 г. Затем к смеси добавили 23.7 ммоль 2-триметилсилилокси-этилметакрилата (HEMA-TMS) и продолжали полимеризацию ещё в течение 1295 с. Реакционная способность MMA и HEMA-TMS одинакова в условиях проведения реакции.

8.2.2. Рассчитайте степень полимеризации ( $DP$ ) полученного полимера.

8.2.3. Изобразите структуру полученного полимера (включая концевые группы), обозначив звенья MMA и HEMA-TMS буквами

*A и B соответственно. Если необходимо, для представления структуры сополимеров используйте следующие обозначения: block (блок-сополимер), stat (статистический), alt (чередующийся), grad (градиентный), graft (привитой). Например, (A<sub>65</sub>-graft-C<sub>100</sub>)-stat-B<sub>34</sub> означает, что цепи полимера C привиты к звеньям A в статистическом сополимере A и B.*

РППА была использована для синтеза двух блок-сополимеров, P1 и P2. Один блок в обоих сополимерах был одинаков и был синтезирован из моно-2-хлоропропионил-полэтиленоксида, использованного в качестве макроинициатора:



Второй блок в P1 состоял из звеньев стирола (C), а в P2 – из звеньев п-(хлорметил)-стирола (D).

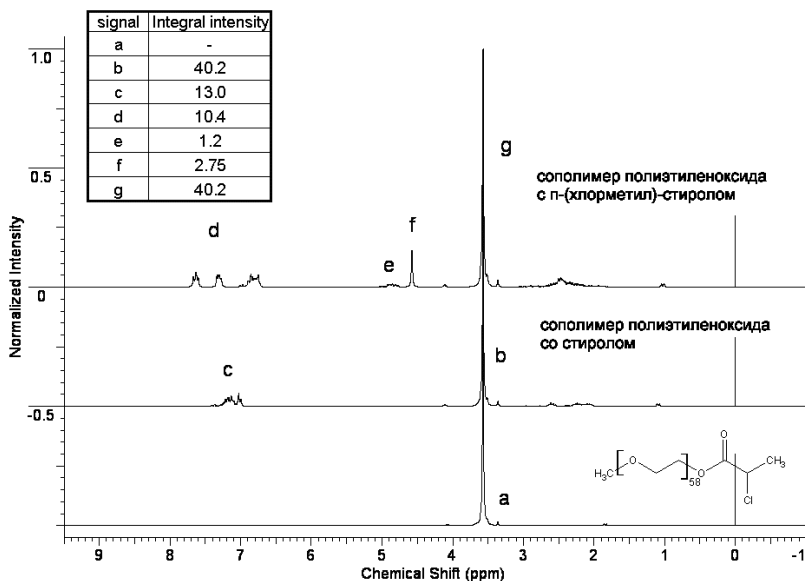
<sup>1</sup>H ЯМР спектры макроинициатора, P1 и P2 представлены ниже. Интегральные интенсивности характеристических сигналов приведены в таблице.

**8.3.1.** *Отнесите сигналы в <sup>1</sup>H ЯМР спектрах структурным фрагментам.*

**8.3.2.** *Определите мольные доли звеньев C и D и молекулярные массы P1 и P2.*

**8.3.3.** *Напишите все возможные уравнения реакций активации, протекающие при синтезе P1 и P2. Вы можете использовать символ R для обозначения любой не изменяющейся части макромолекулы, но вы должны указать, какая структура ей соответствует.*

**8.3.4.** Нарисуйте структуру P1 и одну из возможных структур P2, изображая цепь полиэтиленоксида волнистой линией и обозначая звенья мономеров буквами C и D соответственно.



Ответы.

**8.1.1.**  $v_{\text{act}} = k_{\text{act}} \cdot [\text{RHal}] \cdot [\text{CuHal}(\text{Ligand})_k]$

$v_{\text{deact}} = k_{\text{deact}} \cdot [\text{R}'] \cdot [\text{CuHal}_2(\text{Ligand})_k]$

$v_p = k_p \cdot [\text{R}'] \cdot [\text{M}]$

$v_t = 2k_t \cdot [\text{R}']^2$

**8.1.2.**  $v_{\text{deact}} \gg v_{\text{act}}$

$v_{\text{deact}} \gg v_p$

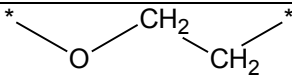
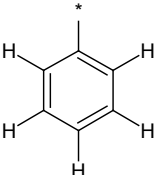
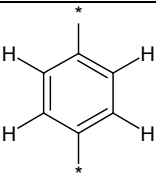
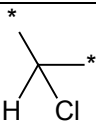
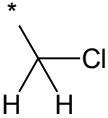
$v_{\text{deact}} \gg v_t$

**8.2.1.**  $m = 1.03 \text{ г}$

**8.2.2.**  $\text{DP} = 182\text{-}183$

**8.2.3.** Ts-A<sub>61</sub>-block-(A-stat-B)<sub>61</sub>-Cl или Ts-A<sub>61</sub>-block-(A<sub>61</sub>-stat-B<sub>61</sub>)-Cl

8.3.1.

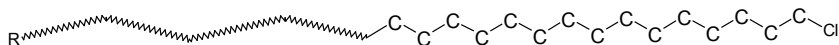
	a, b, g
	c
	d
	e
	f

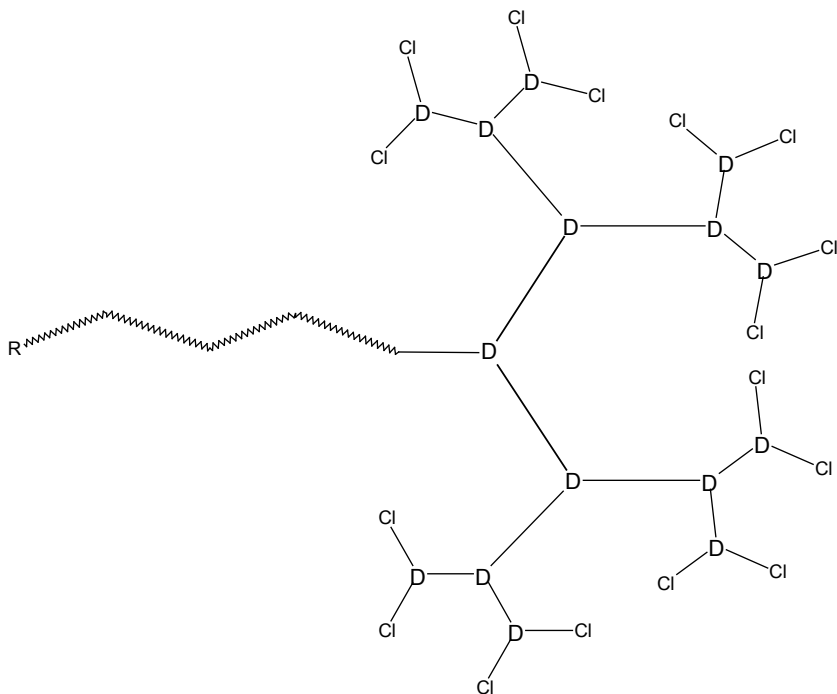
8.3.2.  $n(C) = 20.5\%$ ,  $n(D) = 20.5\%$

$M(P1) = 4240$ ,  $M(P2) = 4967$

8.3.4.

P1





На решение всех 8 задач теоретического тура отводилось 5 часов. Столько же времени занимал и экспериментальный тур, в котором, однако, надо было выполнить всего две задачи.

Экспериментальные задачи мы подробно рассматривать не будем – они довольно длинные благодаря тому, что в них детально прописаны методика эксперимента и правила безопасности. Опишем только основные этапы задач.

В первой задаче «Ионообменная хроматография аминокислот» предлагалось разделить смесь трех аминокислот и после этого провести их качественный и количественный анализ. Вторая задача называлась «Определение карбоната и гидрофосфата в абразивном порошке». В ней необходимо было количественно определить два иона в смеси с помощью кислотно-основного титрования. Это – классическая задача по аналитической химии, которая включала все базовые аналитические процедуры, такие

как растворение и осаждение веществ, фильтрование, титрование и стехиометрические расчеты.

#### 4. Итоги Олимпиады

По правилам МХО, золотые медали вручаются 10% от числа участников, серебряные – 20% и бронзовые – 30 (в каждом из трех случаев допускается погрешность 2%). На МХО-2007 золотые медали были вручены 31 школьнику, серебряные – 56 и бронзовые – 71. Максимальное число золотых медалей – по 4 из 4 – завоевали три команды: России, Китая и Польши. Первые два места заняли китайские школьники, команде России в индивидуальном зачете достались 3, 4, 15 и 18 места.

МХО-2007 стала самой сложной для участников за всю историю химических олимпиад. Граница золотой медали составила 57,4 балла из 100 (обычно – около 80), серебряной – 45,6, бронза начиналась с 33,3 баллов. Это связано как со сложностью экспериментального тура, так и с необычным характером большинства теоретических задач – в большинстве своем они затрагивали темы, находящиеся на переднем крае науки и довольно редко встречающиеся в олимпиадах, например, нанохимия, кинетика колебательных реакций или квантовая химия. В принципе, в теоретическом комплекте были задачи на любой вкус – и сложные расчетные, и изящные химические, и комбинированные. Научный уровень Олимпиады оказался очень высоким и понравился большинству участников и их руководителям.

Распределение баллов по задачам, которое позволяет представить относительную сложность различных задач, приведено в таблице 2.

Как видно из таблицы, лучше всего участники МХО справились с теоретическими задачами по квантовой химии (№ 1) и химической кинетике (№ 3), а наибольшую трудность вызвали экспериментальные задачи и теоретические задачи по полимерам (№ 8) и биохимии (№ 7).

Распределение работ по общему числу набранных баллов представлено ниже. Оно довольно близко к гауссовому распределению: это говорит о том, что задачи были составлены методиче-

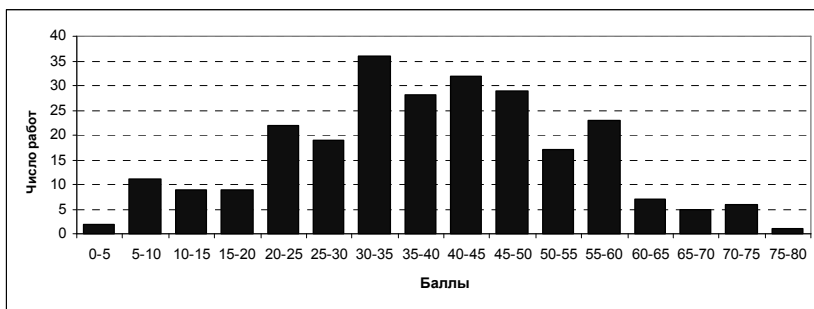


ски правильно, и в них в равной степени присутствовали и утешительные вопросы, предназначенные для всех, и дискриминирующие вопросы, которые позволили выбрать сильнейших.

Таблица 2

**Средние оценки, полученные за теоретические и экспериментальные задачи**

№ задачи	Теория								Эксп.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
Макс. число баллов	7	8	7	8	7,5	7	7,5	8	20	20
Средний балл	4,65	3,23	3,94	3,57	2,29	3,49	1,84	2,13	6,23	7,15
% от макс.	66	40	56	43	31	50	25	26	31	36



Кроме чисто спортивных, необходимо подвести и политические итоги, ответив на вопрос: «А зачем вообще все это было нужно, и что дало нашей стране и Московскому университету проведение международного форума такого уровня?»

На самом деле, итоги оказались очень позитивными. Олимпиада в Москве получила очень хорошую прессу и отличные, зачастую восторженные отзывы участников и преподавателей, их сопровождающих. Немаловажную роль сыграл и спортивный результат: команда России завоевала четыре золотые медали из четырех возможных, уступив по сумме мест только команде Китая.

Если говорить о стратегических результатах, то их можно сформулировать следующим образом.

Олимпиада способствовала развитию общественного интереса к химическому и естественнонаучному образованию, роли химической науки и промышленности в жизни российского общества. Это стало возможным благодаря широкому и грамотному освещению этого международного форума в СМИ.

В подготовке к Олимпиаде были задействованы многочисленные организации, что привело к активизации их научной и образовательной деятельности.

Успешное выступление российской команды послужило росту патриотических настроений в обществе.

Организация Олимпиады укрепила престиж страны и способствовала формированию имиджа России как державы с передовым образованием, страны, способной провести очень сложное и масштабное международное мероприятие.

Проведение Олимпиады вызвало серьезный мировой резонанс. В подготовке национальных команд всегда участвуют авторитетные организации из крупнейших стран мира, спонсорами команд выступают богатейшие компании. Результаты всемирной олимпиады широко освещаются в престижных периодических изданиях, поэтому об удачном проведении олимпиады в России узнали во всех странах мира.

Олимпиада способствовала установлению контактов между самыми одаренными школьниками разных стран, которые в будущем будут определять лицо мировой цивилизации. Удачное выступление и теплые впечатления от Московской олимпиады навсегда сохранят у ребят доброе отношение к нашей стране. В этом смысле проведение Международной химической олимпиады в Москве на базе МГУ – это инвестиция в будущее России.

Кафедра аналитической химии,  
Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
*Шеховцова Т.Н., Осипова Е.А., Шаповалова Е.Н.*  
Аналитический Центр  
Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова  
*Штигун О.А., Потик М.В.*

## **ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА»**

В рамках выполнения проекта «Развитие и внедрение инновационных образовательных программ в области аналитической химии» кафедра аналитической химии Химического факультета МГУ совместно с Аналитическим центром Химического факультета разработали программу дисциплины «Современные методы химического анализа» для подготовки магистров. Составители программы – профессора и преподаватели указанной кафедры, имеющие большой опыт педагогической работы, исходили из того, что набор изучаемых студентами специальных дисциплин должен решать задачу получения ими углубленных профессиональных знаний, умений и навыков в области современной аналитической химии.

Подход к специализации «Современные методы химического анализа» заключается в изучении теоретических основ и прикладных аспектов методов разделения и концентрирования, важнейших методов анализа – хроматографических, спектроскопических, электрохимических, кинетических, биохимических и биологических. Помимо этого, студенты должны освоить основы хемометрики и химической метрологии; познакомиться с методами элементного анализа химических соединений. В курсе специализации должны быть рассмотрены также методы анализа реальных объектов, организация аналитической службы и практика работы аналитических лабораторий.

Достоинствами предложенного подхода к формированию содержания учебного модуля «Современные методы химического анализа» являются:

фундаментальность получаемых знаний, их соответствие современному уровню развития аналитической химии как науки;

логичное приобщение студентов к научным исследованиям кафедры и Аналитического центра (курсовые и дипломная работы – часть учебного модуля); при этом формируются система взглядов и шкала ценностей, характерные для исследователя, а не просто грамотного исполнителя;

возможность легкой адаптации выпускника к любой работе по специальности, в том числе и вне сферы специализации, вне аналитических лабораторий;

мобильность подготовленного специалиста, то есть возможность сравнительно безболезненной смены рабочего места, уровня ответственности и т.п.

Разработан учебный план теоретических и практических занятий; подготовлен перечень практических задач, выполнение которых должно служить логичным закреплением полученных теоретических знаний основ методов анализа на практике – при анализе реальных объектов различной природы – окружающей среды, металлургической, фармацевтической, пищевой промышленности, биологических жидкостей. При этом практические занятия будут ориентированы на реальные запросы потенциальных работодателей.

Для выполнения практических задач предполагается использовать уникальное аналитическое оборудование, создаваемое российскими приборостроительными компаниями, которым оснащены учебные лаборатории кафедры и Аналитического центра.

В настоящей статье мы представляем избранную информацию о структуре образовательной магистерской программы «Современные методы химического анализа».

Химический анализ служит средством решения многих важных проблем: контроля качества продуктов и сырья, мониторинга состояния окружающей среды, выяснения состава почв, удобрений, кормов и сельскохозяйственной продукции. Химический анализ незаменим в медицинской диагностике, биотехнологии, фармацевтике. От уровня химического анализа, оснащенности лабораторий методами и приборами зависит развитие многих наук и отраслей промышленности. Эта область динамично развивается, и во многом успех развития зависит от квалификации обслуживающего персонала. Данная программа предназначена для специалистов, желающих повысить свою квалификацию в облас-

ти химического анализа и овладеть современными инструментальными методами, которые наиболее широко используются в современной аналитической практике.

Магистерская программа включает 7 обязательных курсов, посвященных различным группам современных инструментальных методов химического анализа – методов разделения и концентрирования, хроматографических, спектроскопических, электрохимических, кинетических и биохимических методов анализа, методам анализа реальных объектов различной природы, а также основам хемометрики и химической метрологии.

Каждый курс состоит из теоретической части, посвященной теории и практическим приложениям основных вариантов аналитических методов, и практических занятий по этим методам, которые позволят освоить технику работы на различных современных приборах и познакомиться с примерами их практического приложения в анализе реальных актуальных объектов. Теоретический курс включает 540 аудиторных часов, из которых 180 часов отведено на лекционные курсы и 360 часов – на практические занятия.

Помимо обязательных курсов магистерская программа включает 9 лекционных курсов по выбору студентов.

### **Курс «Методы разделения и концентрирования»**

*Лекции – 0,5 кредита/18 часов*

*Практические занятия – 0,5 кредита/18 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 5*

*Семестр – 9*

*Количество кредитов – 2*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистр должен компетентно ориентироваться в основных современных методах разделения и концентрирования, используемых в химическом анализе; представлять значение и области применения этих методов; основные пути их совершенствования. Он должен четко представлять, какие методы разделения и концентрирования целесообразно применять для подготовки проб и проведения анализа различных объектов.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с основными современными методами разделения и концентрирования, применение которых является необходимым этапом анализа многих сложных многокомпонентных объектов; дать фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения различных методов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных методов разделения и концентрирования компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, грамотно квалифицированному применению выбранных методов на практике.

*Содержание курса*

Значение методов разделения и концентрирования, области применения. Классификация методов концентрирования и разделения. Количественные характеристики разделения и концентрирования: коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент концентрирования, коэффициент разделения. Сочетание концентрирования с методами определения: комбинированные и гибридные методы.

Экстракционные методы. Этапы развития, современное состояние. Основные понятия и термины. Условия экстракции веществ. Количественные характеристики экстракции. Классификация экстракционных систем. Способы осуществления экстракции. Автоматизация экстракционных процессов. Экстракция микроэлементов. Экстракция органических соединений. Сверхкритическая флюидная экстракция: достоинства и ограничения метода.

Сорбционные методы концентрирования. Параметры сорбции. Основные типы сорбентов. Сорбционное концентрирование микроэлементов. Сорбционное концентрирование органических соединений. Твердофазная экстракция.

Дистилляционные методы концентрирования: методы испарения; отгонка после химических превращений; газовая экстракция и анализ паровой фазы.

Особенности концентрирования осаждением и соосаждением. Достоинства и недостатки. Требования к коллектору и пути его выбора. Неорганические и органические соосаждители. Примеры использования соосаждения для концентрирования неорганических и органических соединений.

Флотация. Техника осуществления. Флотация после осаждения и ионная флотация. Факторы, влияющие на флотационное концентрирование.

Селективное растворение. Растворители, обеспечивающие избирательность растворения. Примеры использования селективного растворения в фазовом анализе неорганических материалов и для концентрирования микроэлементов при анализе почв и растений.

Пробирная плавка. Существо метода и его значение при определении благородных металлов. Примеры использования.

Примеры использования методов для выделения и концентрирования микроэлементов и органических соединений из различных объектов: объекты окружающей среды (различные типы вод, почвы, воздух), пищевых продуктов, биологических и других объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. В двух книгах. / Под ред. Ю.А.Золотова. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2004.
2. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.: Наука, 1988.
3. Москвин Л.Р., Царицина Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия. 1991.
4. Концентрирование следов органических соединений. /под ред. Н.М.Кузьмина. М.: Наука, 1990.
5. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2004.

## Курс «Хроматографические методы анализа»

*Лекции – 1 кредит/36 часов*

*Практические занятия – 3 кредита/108 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 5*

*Семестр – 9*

*Количество кредитов – 4*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистр должен компетентно ориентироваться в со-

временных хроматографических методах, используемых в химическом анализе; представлять значение и области применения этих методов; основные пути их совершенствования. Он должен уметь грамотно оценить возможности различных хроматографических методов при разделении определенных групп неорганических и органических компонентов.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными хроматографическими методами анализа, различающимися по природе подвижной и неподвижной фаз, по механизму разделения компонентов анализируемых смесей, по технике выполнения анализа; дать фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения различных методов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных хроматографических методов для разделения и определения компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, грамотному квалифицированному применению выбранных методов на практике.

#### *Содержание курса*

Хроматографические методы анализа. История их возникновения. Современное состояние методов, область применения, значение и место среди других аналитических методов. Классификация хроматографических методов.

Теоретические основы хроматографии. Основные характеристики хроматографического процесса. Теория равновесной хроматографии. Неравновесная хроматография. Кинетические теории хроматографии.

Газовая хроматография. Теоретические основы метода. Варианты метода: газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография. Реакционная газовая хроматография. Определяемые вещества. Основные аналитические характеристики. Аппаратура для газовой хроматографии. Хроматографические колонки, термостаты, детекторы. Классификация детекторов и их важнейшие характеристики. Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. Сверхкритическая флюидная хроматография, области применения.

Жидкостная хроматография. Принцип метода. Определяемые вещества. Аналитические характеристики современной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Аппаратура. Колонки. Детекторы и их выбор. Пробоподготовка. Адсорбцион-



ная жидкостная хроматография (ЖАХ). Основные представления о механизме ЖАХ. Подвижные и неподвижные фазы. Нормально-фазовая ЖАХ. Модели удерживания и типы взаимодействия сорбат-сорбент. Области применения. Обращенно-фазовая хроматография на модифицированных сорбентах. Механизм удерживания. Области применения

Ионная хроматография. Основные представления о механизме ионного обмена. Варианты ионной хроматографии. Неподвижные фазы и элюенты. Использование ионной хроматографии для анализа различных объектов

Планарная хроматография. Теоретические основы метода. Техника получения хроматограмм. Высокоэффективная ТСХ.

Электросепарационные методы анализа. Варианты электросепарационных методов: капиллярный зонный электрофорез, мицелярная электрокинетическая хроматография, капиллярная электрохроматография, изоэлектрофокусирование.

Теоретические основы методов. Электроосмотический поток (ЭОП). Факторы, влияющие на направление и скорость ЭОП. Электрофоретическая подвижность ионов, факторы, влияющие на нее. Аппаратура. Детекторы. Модифицирование капилляра. Области применения электросепарационных методов. Сравнение электросепарационных методов и ВЭЖХ.

Хромато-масс-спектрометрия. Принципы метода масс-спектрального анализа. Классификация методов по типам источников получения ионов (электронный удар, химическая ионизация, электрораспылительная ионизация, искровая масс-спектрометрия, масс-спектрометрия тлеющего разряда, лазерная масс-спектрометрия, масс-спектрометрия вторичных ионов). Типы масс-анализаторов и основные принципы их работы. Сочетание масс-спектрометрии с газовой (ГХ-МС) и жидкостной хроматографией (ЖХ-МС). Использование ГХ-МС и ЖХ-МС для решения практических задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. В двух книгах /под ред. Ю.А. Золотова. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2004.
2. Руководство по газовой хроматографии. В 2-х ч. Пер. с нем. /под ред. Э. Лейбница, Х.Г. Штруппе. М.: Мир, 1988.
3. Шатц В.Д., Сахартова О.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Рига.: Зинатне, 1988.
4. Руденко Б.А., Руденко Г.И. Высокоэффективные хроматографические процессы. В 2-х томах. М.: Наука, 2003.
5. Шпигун О.А., Золотов Ю.А. Ионная хроматография. М.: МГУ, 1990.
6. Схунмакерс П. Оптимизация селективности в хроматографии. М.: Мир, 1989.
7. Рудаков О.Б., Восторгов И.А., Федоров С.В., Филиппов А.А., Семенов В.Ф., Приданцев А.А. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж: Водолей, 2004.
8. Столяров и др. Практическая жидкостная и газовая хроматография. С.-Пб.: С.-Петербургский университет, 1998.
9. Красиков В.Д. Основы планарной хроматографии. С.-Пб.: Химиздат, 2005.
10. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ. М.: Мир, 1987.
11. Сверхкритическая флюидная хроматография / под ред. Р. Смита. М.: Мир, 1991.
12. Карасек Ф., Клемент Р. Введение в хромато-масс-спектрометрию. М.: Мир, 1993.
13. Руководство по капиллярному электрофорезу /под ред. А.М. Волощука, Научный совет по хроматографии. М.: Наука, 1996.
14. Комарова Н. В., Каменцев Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» С.-Пб.: ООО «Веда», 2006.
15. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды и почвы. Практическое руководство. С.-Пт.: Теза, 1999.

### **Курс «Спектроскопические методы анализа»**

*Лекции – 1 кредит/36 часов*

*Практические занятия – 3 кредита/108 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 5*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистрант должен компетентно ориентироваться в современных спектроскопических методах, используемых в химическом анализе; представлять возможности и области применения этих методов; основные пути их совершенствования. Он должен четко представлять, какие спектроскопические методы целесообразно применять для определения неорганических и органических соединений при анализе различных по природе и составу объектов.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными спектроскопическими методами, применяемыми для анализа различных объектов – окружающей среды, биологии, геологии, медицины, различных отраслей промышленности; заложить фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях их применения. Научить подходам к выбору наиболее эффективных методов определения компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, квалифицированному применению выбранных методов и методик на практике.

*Содержание курса*

Классификация спектроскопических методов. Понятие спектра. Взаимодействие магнитного излучения с веществом.

Характеристики оптических спектральных приборов. Схема оптического спектрометра. Источники возбуждения в атомно-эмиссионная спектроскопия и света атомно-абсорбционной и атомно-флуоресцентной спектроскопии. Монохроматизация излучения: бездисперсионный и дисперсионный способы. Приемники излучения. Фотографические и фотоэлектрические методы.

Методы атомной спектроскопии (атомно-эмиссионная, атомно-абсорбционная, атомно-флуоресцентная). Физические основы атомной спектроскопии.

*Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС).* Способы атомизации. Эмиссионная спектроскопия пламени. Понятие эмиссионного спектрального анализа. Оборудование для АЭС. Качественный анализ. Таблицы и обозначения спектральных линий. Понятие аналитической спектральной линии. Гомологичность спек-

тральных линий. Количественный анализ АЭС. Уравнение Ломакина-Шайбе. Помехи в АЭС. Сравнительные характеристики методов АЭС.

*Атомно-абсорбционная спектроскопия* (ААС). Пламенная и электротермическая атомизация. Источники света в ААС. Оборудование для ААС. Количественный анализ в ААС. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Помехи в ААС.

*Атомно-флуоресцентная спектроскопия* (АФС). Способы атомизации. Пламенная и электротермическая АФС. Оборудование для АФС. Особенности АФС. Помехи в АФС.

Методы молекулярной спектроскопии: классификация. Молекулярная спектроскопии (спектрофотометрия в УФ и видимой области спектра, люминесцентный анализ, инфракрасная спектроскопия (ИК), спектроскопия комбинационного рассеяния.

*Аналитическая абсорбционная молекулярная спектроскопия (спектрофотометрия)* в УФ и видимой области спектра. Законы поглощения электромагнитного излучения. Основной закон поглощения, законы аддитивности оптических плотностей. Причины отклонения от основного закона поглощения. Регистрация спектров поглощения. Анализ одно- и многокомпонентных систем. Селективное определение одного компонента в многокомпонентной смеси. Использование метода для определения числа компонентов и изучения химического равновесия.

*Люминесцентный метод*. Теория молекулярной люминесценции. Возбуждение молекул. Дезактивация молекул. Флуоресценция и фосфоресценция. Основные законы. Квантовый выход флуоресценции и фосфоресценции. Замедленная флуоресценция. Интенсивность люминесценции, зависимость от концентрации люминофора. Тушение люминесценции. Люминесценция и молекулярная структура. Люминесценция органических веществ и комплексов металлов с неорганическими и органическими лигандами. Люминесцентный анализ органических и неорганических веществ.

*Инфракрасная спектроскопия (ИК)*, ее теоретические и методические основы. Скелетные и характеристические колебания в анализе органических соединений. Улучшение аналитических характеристик метода за счет Фурье-преобразования. Фурье-спектрометрия, области применения.

Спектроскопия комбинационного рассеяния. Теоретические и методические основы метода. Рассеяние излучения. Стоксовы и антистоксовы линии. Способы возбуждения спектров. Использование в анализе.

Лазерная спектроскопия: применение лазеров в аналитической химии. Лазеры как источники возбуждения, их преимущество перед традиционными источниками.

Рентгеновская спектроскопия. Понятие рентгеновского спектра. Классификация методов рентгеновской спектроскопии. Эмиссия, абсорбция, флуоресценция. Непрерывное (тормозное) и характеристическое (линейчатое) рентгеновское излучение. Понятие рентгеноспектрального анализа (РСА). Способы генерации рентгеновского излучения. Электронно-зондовый рентгеноспектральный микроанализ (РСМА), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), рентгенорадиометрический анализ. Обозначения в рентгеновских спектрах. Правило отбора. Качественный анализ. Закон Мозли. Выход рентгеновской флуоресценции. Поглощение рентгеновского излучения, края поглощения и массовые коэффициенты поглощения. Оборудование в РСА. Метрологические характеристики методов РСА. Подготовка пробы к анализу. Особенности приготовления образцов сравнения для РФА и РСМА. Количественный анализ. Метод градуировочного графика в РФА и метод внешнего стандарта в РСМА. Метод фундаментальных физических параметров. РФА с полым внешним отражением. Распределительный анализ гетерогенных структур методом РСМА.

Электронная спектроскопия и близкие к ней методы. Понятие электронного спектра. Классификация методов электронной спектроскопии. Особенности анализа поверхности твердых тел. Схема электронного спектрометра. Техника получения высокого вакуума. Источники излучения. Характеристики энергоанализаторов. Детекторы излучения. Способы очистки поверхности в вакууме. Метрологические характеристики методов электронной спектроскопии.

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Энергия связи фотоэлектронов. Работа выхода электрона. Качественный анализ. Спектры основных уровней в РФЭС. Тонкая структура рентгеновских фотоэлектронных линий. Количественный анализ. Оже-электронная спектроскопия. Принципы и область использования.

Ядерно-физические методы. Классификация методов. Нейтронно-активационный анализ. Гамма-резонансная (мессбауэровская спектроскопия)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. В двух книгах /под ред. Ю.А. Золотова. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2004.
2. Спектроскопические методы определения следов элементов / под ред. Дж. Вайнфорднера. М.: Мир, 1979.
3. Юинг Д. Инструментальные методы химического анализа. М.: Мир, 1989.
4. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1 Молекулярная спектроскопия. М.: Изд-во МГУ, 1994.
5. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. М.: Химия, 1982.
6. Волков Н.Г. и др. Методы ядерной спектрометрии. М.: Энергоатом издат, 1990.
7. Кузяков Ю.Я., Семенов К.А., Зоров Н.Б. Методы спектрального анализа. М.: Изд-во МГУ. 1990.
8. Берштейн И.Я., Камигский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л.: Химия. 1986.
9. Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров. Ч. 1, 2. М.: Мир. 1983.
10. Рабек Я. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике. Т. 1, 2. М.: Мир. 1985.
11. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т. /под ред. Р. Кельнера, Ж-М. Мерме, М. Отто, Н. Видмера. М.: Мир: ООО «Издательство АСТ». 2004.
12. Иоффе Б.Ф., Зенкевич И.Г., Кузнецов М.А., Берштейн И.Я. Новые физические и физико-химические методы исследования органических соединений. Л.: Изд-во ЛГУ. 1984.
13. Спектральный анализ чистых веществ / под ред. Х.И.Зильберштейна. СПб.: Химия. 1994.
14. Ядерный магнитный резонанс (учебное пособие) / под ред. П.М. Бородина. Л.: ЛГУ. 1982.

### Курс «Электрохимические методы анализа»

*Лекции – 1 кредит/36 часов*

*Практические занятия – 3 кредита /108 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 5*

*Семестр – 10*

*Количество кредитов – 4*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистрант должен компетентно ориентироваться в современных электрохимических методах, используемых в химическом анализе; представлять значение и области применения каждого из них; основные пути их совершенствования. Он должен представлять, какие электрохимические методы целесообразно применять для определения неорганических и органических соединений при анализе различных по природе и составу объектов. Приобретенные в рамках курса компетенции и умения позволят специалисту квалифицированно выбирать конкретные электрохимические методы для определения компонентов анализируемых объектов в соответствии с поставленной задачей, оценивать целесообразность и эффективность их использования. Магистрант должен грамотно применять методики выбранных методов на практике и представлять себе подходы к их оптимизации.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными электрохимическими методами, применяемыми для анализа различных объектов – окружающей среды, биологии, геологии, медицины, различных отраслей промышленности; заложить фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения различных методов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных методов определения компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, грамотному квалифицированному применению выбранных методов и методик на практике.

*Содержание курса*

Основные электрические параметры, взаимосвязь между ними и аналитическим сигналом. Электрохимические методы и их особенности. Классификация методов. Прямые и косвенные методы.

Кондуктометрия. Теоретические основы метода. Удельная и эквивалентная электропроводность, их связь с концентрацией электролита. Постоянноточковые и переменноточковые (низкочастотные и высокочастотные) методы кондуктометрии. Кондукто-

метрическое титрование. Практическое применение прямых и титриметрических вариантов метода.

Диэлектрометрия. Теоретические основы. Методы измерений и практическое применение в аналитической химии.

Потенциометрические методы, их классификация. Потенциометрия в отсутствие тока и Потенциометрические методы, классификация методов. Потенциометрия в отсутствие тока и при контролируемом постоянном токе. Прямая потенциометрия – рН-метрия и ионометрия. Теория мембранных потенциалов и мембранного транспорта. Потенциометрическое титрование в отсутствие тока, с одним и двумя поляризованными электродами. Титрование обратимых и необратимых редокс-систем. Титрование в неводных средах.

Кулонометрические методы, классификация методов. Теоретические основы потенциостатической и гальваностатической (амперостатической) кулонометрии. Определение электроактивных и электроинертных компонентов. Кулонометрическое титрование. Способы генерирования электрохимических титрантов, индикация момента окончания процесса. Аппаратура для кулонометрических измерений. Новые варианты кулонометрии.

Вольтамперометрические методы. Кривые поляризации. Обратимые и необратимые электродные процессы. Фарадеевские и нефарадеевские токи. Аналитический сигнал и помехи. Диффузионные, кинетические и адсорбционные процессы. Теория и практическое применение методов вольтамперометрии:

Постояннотоковая вольтамперометрия с малой скоростью линейной развертки напряжения.

Амперометрия и амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами.

Хронопотенциометрия.

Постояннотоковая вольтамперометрия с линейной и треугольной развертками напряжения и большой скоростью развертки.

Переменнотоковая вольтамперометрия I порядка: синусоидальная (на основной частоте) и квадратно-волновая. Переменнотоковая вольтамперометрия II порядка: использование нелинейных свойств электродной характеристики для фарадеевского ис-



кажения (вольтамперометрия на II гармонике) и фарадеевского выпрямления (высокочастотная вольтамперометрия).

Импульсные методы. Нормальная и дифференциальная импульсная вольтамперометрия.

Инверсионная вольтамперометрия. Формирование электрохимических концентратов и способы их растворения. Инверсионная хронопотенциометрия.

Развитие электрохимических методов. Автоматизация измерений в стационарных условиях и в потоке. Принципы детектирования вещества. Электрохимические датчики, детекторы и устройства, сенсоры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы аналитической химии. В двух книгах /под ред. Ю.А.Золотова. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2004.

2. Электроаналитические методы. Теория и практика /пер. с англ. Под ред. В.Н. Майстренко. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний. 2006.

3. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электроанализа. М.: Химия, 2003.

### **Курс «Кинетические, биохимические и биологические методы анализа»**

*Лекции – 0,5 кредита 18 часов*

*Практические занятия – 0,5 кредита /18 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 6*

*Семестр – 11*

*Количество кредитов – 1*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистр должен компетентно ориентироваться в кинетических, биохимических (ферментативных и иммунохимических), а также биологических методах, используемых в химическом анализе; представлять место этих методов в ряду других, значение и области применения каждого из них; основные пути их совершенствования. Он должен четко представлять преимущества и недостатки различных вариантов указанных методов; понимать, какие из них целесообразно применять для определе-

ния неорганических и органических соединений при анализе различных по природе и составу объектов.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными кинетическими, биохимическими и биологическими методами, применяемыми для анализа различных объектов – окружающей среды, биологии, геологии, медицины, различных отраслей промышленности; заложить фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения указанных методов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных методов определения компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, грамотному квалифицированному применению выбранных методов и методик на практике.

#### *Содержание курса*

Сущность кинетических методов, их место среди других методов анализа. Классификация кинетических методов. Каталитический и некаталитический варианты методов. Индикаторная реакция. Определение содержания вещества по данным кинетических измерений. Типы реакций, используемых в кинетических методах. Каталитические и некаталитические реакции. Ферментативные реакции. Примеры использования кинетических методов.

Сущность биохимических методов анализа. Краткая история и тенденции развития биохимических методов.

Ферментативные методы анализа. Ферменты как биологические катализаторы. Классификация ферментов. Важнейшие сведения о структуре ферментов. Кинетические и термодинамические закономерности ферментных реакций. Механизмы ферментативного катализа. Эффекторы ферментов. Активаторы. Ингибиторы. Различные типы ингибирования ферментов. Индикаторные ферментативные реакции. Методы анализа, основанные на определении конечного количества продуктов реакции и измерении скорости ферментативной реакции. Методы измерения скорости ферментативной реакции.

Иммобилизованные ферменты и их применение в химическом анализе. Физические и химические методы иммобилизации. Биосенсоры. Ферментные электроды. Ферментативные тест-методы.

Области применения ферментативных методов. Примеры практического использования.

Иммунный анализ. Сущность метода. Гетерогенный и гомогенный иммунный анализ. Радиоиммунологический анализ. Иммуноферментный анализ. Метрологические характеристики иммунных методов анализа. Области применения иммунных методов.

Биологические методы анализа. Сущность методов, их место среди других методов химического анализа. Физиологически активные и неактивные соединения. Определение физиологически неактивных соединений. Взаимодействие определяемого соединения с индикаторным организмом. Аналитический сигнал в биологических методах, его регистрация. Метрологические характеристики методов. Области применения биологических методов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической химии. М.: Мир, 1991.
2. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. М.: Мир, т.т.1-3. 1984.
3. Егоров А.М. и др. Теория и практика иммуноферментного анализа. М.:Высшая школа, 1991.
4. Келети Т. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир, 1990.

### **Курс «Основы хеометрики и химической метрологии»**

*Лекции – 1 кредит / 36 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 5*

*Семестр – 10*

*Количество кредитов – 1*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистр должен компетентно ориентироваться в метрологических и хеометрических методах обработки данных, используемых в химическом анализе; представлять место этих методов в ряду других, значение и области применения каждого из них; основные пути их совершенствования. Он должен четко представлять преимущества и недостатки различных вариантов указанных методов; понимать, какие из них целесообразно применять для решения конкретных задач (градуировки, регистрации и обработки сигнала, оценки достоверности результатов, оптими-

зации условий анализа) при планировании эксперимента и обработке результатов химического анализа.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными способами и алгоритмами химической метрологии и хеометрики, применяемыми для планирования, оптимизации, обработки данных и оценки достоверности результатов химического анализа с учетом специфики отдельных методов; заложить фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения указанных способов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных алгоритмов обработки данных в соответствии с поставленной задачей, грамотному квалифицированному применению выбранных способов и алгоритмов на практике.

*Содержание курса.* Основные задачи хеометрики и химической метрологии. Прямые и косвенные измерения. Особенности измерения химических величин. Аналитический сигнал, градуировочная функция. Абсолютные и относительные методы анализа. Образцы сравнения, стандартные образцы.

Основные понятия химической метрологии: погрешность, воспроизводимость, правильность, чувствительность, селективность. Статистические методы оценки воспроизводимости. Методы оценки правильности. Нормальный закон распределения и его роль в аналитической химии. Понятие о непараметрических методах статистических оценок.

Основы дисперсионного анализа. Применение дисперсионного анализа для сравнения нескольких средних значений, оценки представительности пробы, внутри- и межлабораторной погрешности. Воспроизводимость и сходимост.

Основы корреляционного анализа. Статистические критерии проверки гипотез относительно коэффициентов корреляции. Применение корреляционного анализа для выявления закономерностей, прогноза, отбора классификационных признаков.

Основы методов классификации и идентификации (распознавания образов). Отбор и преобразование классификационных признаков. Сокращение размерности пространства признаков. Метод главных компонент. Графики счетов и нагрузок. Кластерный и дискриминантный анализ.

Основы регрессионного анализа. Расчет и интерпретация параметров регрессионного анализа, оценка их погрешностей. При-

менение регрессионного анализа для градуировки и расчета содержания определяемого компонента.

Основы методов многомерного регрессионного анализа. Регрессия на главных компонентах, проекция на скрытые структуры (дробный или блочный метод наименьших квадратов). Описательная и предсказательная сила регрессионной модели. Оптимизация регрессионной модели, перекрестная проверка на достоверность (кросс-валидация). Многомерная градуировка.

Основы методов математического планирования эксперимента. Факторное планирование эксперимента. Выбор факторов, их основных уровней, интервалов варьирования. Многомерная регрессионная модель и матрица планирования. Расчет параметров регрессионной модели, их статистическая оценка, интерпретация и выбор стратегии оптимизации. Понятие о планах высших порядков и дробных планах. Понятие о симплекс-оптимизации.

Метрологические критерии выбора метода и методики анализа. Аттестация и стандартизация методик. Межлабораторные испытания. Аккредитация химических лабораторий. Понятие о системах обеспечения и контроля качества результатов химического анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дерффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994.
2. Шараф М.А., Иллман Д.Л., Ковальски Б.Р. Хемометрика. Л.: Химия, 1994.
3. Вершинин В.И., Перцев Н.В. Планирование и математическая обработка результатов химического эксперимента. Омск: ОмГУ, 2005.
4. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. В 2-х т. / Пер. с англ. Под ред. Р.Кельнера и др. М.: Мир, АСТ, 2004. Гл. 2, 3, 12.
5. Марьянов Б.М. Избранные главы хемометрики. Томск: ТомГУ, 2004.
6. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа. М.: Химия, 2001.
7. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы. / Пер. с англ. Под ред. О.Е. Родионовой. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003.
8. Померанцев А.Л., Родионова О.Е. Хемометрика: достижения и перспективы // Успехи химии. 2006. Т. 75. № 4. С. 302–321.

## **Курс «Анализ реальных объектов различной природы»**

*Лекции – 0,5 кредита /18 часов*

*Код курса – МС*

*Год обучения – 6*

*Семестр – 11*

*Количество кредитов – 0,5*

*Обеспечиваемые компетенции.* В результате освоения материала курса магистр должен компетентно ориентироваться в современных инструментальных методах анализа разнообразных объектов – окружающей среды (воздуха, почв, вод), пищевых и сельскохозяйственных продуктов, биологических жидкостей, геологических объектов, металлов и сплавов, веществ особой чистоты. Он должен знать способы отбора проб и их подготовки для анализа выбранным методом; оценивать преимущества и недостатки различных вариантов пробоотбора и пробоподготовки, методов определения неорганических и органических соединений; понимать, какие из них целесообразно применять для анализа различных по природе, агрегатному состоянию и составу объектов.

*Цель курса.* Познакомить магистрантов с современными методами, применяемыми для анализа различных реальных объектов – окружающей среды, биологии, геологии, медицины, различных отраслей промышленности; заложить фундаментальные знания о принципах, закономерностях, областях применения указанных методов. Научить подходам к выбору наиболее эффективных методов определения компонентов анализируемых образцов в соответствии с поставленной задачей, грамотному квалифицированному применению выбранных методов и методик на практике.

*Содержание курса.* Химико-аналитический контроль реальных объектов. Основные объекты анализа. Аналитический цикл и его основные этапы. Роль химического анализа в решении проблем окружающей среды.

Пробоотбор. Представительная проба, способы ее получения. Транспортировка и хранение проб, способы их консервирования.

Пробоподготовка. Разложение проб. Концентрирование и разделение как стадии пробоподготовки. Связь этапа пробоподготовки с последующим методом определения.

Анализ вод. Классификация вод, Пробоотбор и хранение проб. Основные аналитические проблемы. Определение обобщенных физических и химических показателей, определяющих качество воды. Определение индивидуальных неорганических компонентов вод. Природные органические вещества вод. Общая оценка содержания органических веществ: определение органического углерода, азота, фосфора. Основные классы загрязняющих органических веществ. Источники попадания, устойчивость в окружающей среде, токсичность, методы извлечения, концентрирования, разделения и определения.

Анализ воздуха. Основные проблемы анализа городского воздуха, воздуха рабочей зоны, промышленных и транспортных выбросов. Способы и методы отбора проб воздуха. Химический состав воздуха. Определение неорганических компонентов воздуха природного и техногенного происхождения. Определение органических соединений.

Аэрозоли: образование в атмосфере, роль в переносе нелетучих загрязняющих веществ, особенности пробоотбора и анализа.

Автоматизация анализа воздуха. Основные типы газоанализаторов. Дистанционные методы анализа.

Анализ почв и донных отложений. Особенности почвы как объекта окружающей среды. Пробоотбор. Химический состав почв. Гумусовые вещества. Задачи аналитического контроля. Определение обобщенных показателей.

Определение неорганических компонентов. Элементный и молекулярный анализ. Пробоподготовка. Анализ водной вытяжки. Определение органических компонентов (углерода и азота). Определение токсичных веществ. Методы извлечения и концентрирования загрязняющих органических веществ.

Анализ пищевых и сельскохозяйственных продуктов. Основные аналитические проблемы. Химические вещества пищи. Методы их извлечения, концентрирования, разделения. Определение компонентов, определяющих пищевую ценность продукта. Оценка безопасности пищевых продуктов.

Анализ биологических материалов. Основные аналитические проблемы. Особенности отбора, хранения и транспортировки биомасс. Анализ биологических материалов на содержание лекарственных препаратов, токсичных и одурманивающих веществ. Тест-методы.

Анализ геологических объектов. Выбор схемы анализа, определяемый природой объекта. Рудные полезные ископаемые и их анализ. Полиметаллические руды. Анализ силикатных и карбонатных пород.

Анализ металлов и сплавов. Основные задачи анализа металлов и сплавов. Определение легирующих добавок в черных металлах и сплавах железа. Определение газообразующих веществ (углерода, серы, водорода, кислорода, азота), фосфора и кремния. Определение примесей в сплавах цветных металлов. Особенности анализа жаропрочных сталей. Автоматизированный контроль в цветной и черной металлургии.

Анализ веществ высокой чистоты. Техника выполнения анализа веществ высокой чистоты. Требования к качеству результатов анализа (чувствительности, правильности, воспроизводимости). Повышение чувствительности анализа. Определение микропримесей. Способы очистки поверхности образца. Оценка распределения примесей на поверхности, в глубине и объеме объекта. Анализ твердой поверхности. Микронзондовые методы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. М.: Химия, 1984.
2. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.: Наука, 1988.
3. Химический анализ горных пород и минералов. / Под ред. И.П. Попова и И.А. Столяровой. М.: Недра, 1974.
4. Степин В.В. и др. Определение малых концентраций компонентов в материалах черной металлургии. М.: Металлургия, 1987.
5. Степин В.В. и др. Анализ цветных сплавов и металлов. М.: Металлургия, 1982.
6. Проблемы аналитической химии. Т. 7. Методы анализа высокочистых веществ. М.: Наука, 1987.
7. Другов Ю.С. Экологическая аналитическая химия. С.-Пб.: Анатолия, 2002.
8. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984.
9. Майстренко В.Н. и др. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996.
10. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды и почвы. Практическое руководство. С.-Пт.: Теза, 1999.



11. Сонияси Р. и др. Анализ воды: органические микропримеси. Практическое руководство. С.-Пб.: Теза, 1995.
12. Анализ объектов окружающей среды. / Под ред. Р. Сонияси. М.: Мир, 1993.
13. Воробьева Л.А. химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998.
14. Методы анализа пищевых продуктов. Проблемы аналитической химии. / Под ред. Ю.А. Клячко, и С.М. Беленького. М.: Наука, 1988.
15. Методы анализа чужеродных веществ в пищевых продуктах. Сборник нормативных материалов. М., 1994.
16. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Пробоподготовка в экологическом анализе. М.: Бином, 2003.

### **Рекомендуемое оборудование для практических работ**

#### *Приборы для спектральных методов анализа*

- оптические спектрометры ИСП-30, ДФС-486 с системами фотоэлектрической регистрации спектров на основе полупроводниковых фотодиодных линеек последнего поколения МАЭС и универсальным генератором электрического разряда «Шаровая молния» (НПФ «ВМК-Оптоэлектроника»);
- атомно-абсорбционные спектрометры с пламенной и электротермической атомизацией проб и уникальным источником, позволяющим проводить многоэлементный анализ (фирма «Analytikjena AG»);
- рентгенофлуоресцентный спектрометр «Спектроскан» (ООО НПО «Спектрон») с волновой дисперсией;
- лазерный микрондовый масс-спектрометр LAMMA-1000 (Leybold-Heraeus,ФРГ);
- спектрофлуориметр RF-5301PC (Shimadzu, Япония);
- ИК-Фурье спектрометр IRPrestige-21 (Shimadzu, Япония);
- комплекс для анализа поверхности LHS-10 (Leybold-Heraeus,ФРГ);
- лазерный термолинзовый спектрометр;
- Спектротон (ОКБ «Химавтоматика»).

#### *Приборы для хроматографических методов анализа*

- жидкостный хроматограф Agilent 1100 (Agilent);
- жидкостный хроматограф LCMS – 2010A (Shimadzu, Япония);

- жидкостный хроматограф SLC-10A (Shimadzu, Япония);
- система для капиллярного электрофореза «Капель-105» со спектрофотометрическим детектором (195-360 нм) (НПФ АП «Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия);
- хроматографическая установка, состоящая из насоса для ВЭЖХ «Аквилон Стайер» и электрохимического детектора фирмы «Biotronic»;
- газовый хроматограф GC-17 с пламенно-ионизационным детектором (Shimadzu, Япония);
- газовый хроматограф Смарт-Интерлаб (аналог хроматографа фирмы Agilent G2570A);
- ионный хроматограф (НПФК «Аквилон», Россия);
- установка для тонкослойной хроматографии (фирма «Сорбфил», Краснодар, Россия);
- программное обеспечение «Мультихром» (ЗАО «Амперсенд», Москва, Россия).

*Приборы для электрохимических методов анализа*

- полярограф универсальный ПУ-1 («Измеритель», Гомель);
- система вольтамперометрическая СВА («Буревестник», Санкт-Петербург);
- химический анализатор ХАН-2 («Алтей-аналит», Санкт-Петербург);
- анализатор вольтамперометрический («Алтей-аналит», Санкт-Петербург);
- электрохимический стенд фирмы «Томьаналит» (Томск);
- электрохимический анализатор ТА-2 («Техноаналит», Томск);
- вольтамперометрический анализатор «Экотест-ВА» (ООО «Эконикс-эксперт», Москва);
- автоматизированный потенциометрический титратор (НПФК «Аквилон», Россия).

*Оборудование для гибридных методов*

- проточный сорбционно-атомно-абсорбционный комплекс;
- проточный сорбционно-жидкостно-хроматографический комплекс.

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ**

Химия и химическая технология являются одними из крупнейших производителей и потребителей информации и по своему информационному ресурсу опережают большинство других естественно-научных направлений. Сегодня для работы с очень большими объемами информации все шире, как в науке, так и в образовании используются новые методики, основанные на компьютерных и сетевых технологиях. Это так называемые информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), которые все более интенсивно привлекаются для хранения и обработки данных самого различного назначения. Соответственно, по мере развития и роста доступности компьютерных технологий и Интернета, ИКТ находят все большее применение в образовательной сфере и, в частности, в подготовке специалистов-химиков в высших учебных заведениях.

Инновационные возможности ИКТ позволили создать на Химическом факультете МГУ современную систему сетевого доступа к зарубежным и отечественным учебным и научным материалам, начать работу по внедрению дистанционных образовательных технологий в процесс подготовки специалистов.

### **Базы данных научной информации**

Потребность в доступе к информации для студентов и научных сотрудников в сочетании с возможностями сетевых технологий привели к созданию на Химическом факультете МГУ фонда зарубежных баз данных физико-химического профиля. Это – Chemical Abstracts 1996-2006 г.; Inorganic Crystal Structure Database; Cambridge Structural Database System; Stability Constants Database (IUPAC); и др. Доступ к этим материалам возможен по сети из компьютерного класса библиотеки факультета.

С компьютеров факультета через Интернет обеспечивается доступ к ряду зарубежных электронных научных изданий: реферативной базе данных SCOPUS, где реферировается более 2 тыс.

химических журналов; полным текстам журналов издательства ELSEVIER; полным текстам журналов издательств Английского и Американского химических обществ, полным текстам журналов Американского физического общества и ряду других.

### **Интернет-портал «Chemnet»**

Важнейшим источником научно-образовательной информации стал созданный в 1994 году портал факультета «Chemnet» (см. вкладку, <http://www.chemnet.ru>), в частности, его основной раздел – электронная библиотека научных и образовательных публикаций.

Одной из основных задач, стоящей перед редакцией портала «Chemnet», является обеспечение для студентов эффективного сетевого доступа к учебно-образовательным материалам, подготовленным профессорами и преподавателями факультета.

В этой деятельности наиболее существенным оказывается не столько разработка новых, в частности, мультимедийных форм подачи материала, но организация систематической публикации в электронной форме уже подготовленных в традиционном варианте учебных материалов, и далее создание на этой основе соответствующей базы данных. К базе учебных материалов должен быть обеспечен постоянный доступ с помощью современных информационных технологий. Такие материалы составляют главную часть электронной библиотеки портала.

Работа по наполнению электронной библиотеки учебными материалами должна быть построена так, чтобы авторы – создатели учебных текстов, считали бы априори полезным и нужным публикацию их в сети Интернет, понимая, что это обеспечивает совершенствование учебного процесса и повышает его эффективность. Технология формирования электронного фонда учебных материалов должна функционировать так, чтобы подготовленные преподавателями лекции учебных курсов и методические разработки помимо публикации в печатном виде, как правило, одновременно передавались бы для размещения на портале факультета. В этом случае они будут своевременно доступны студентам факультета, а также с пользой могут быть восприняты учащимися других химических ВУЗов.

В этой связи, реализация поставленных задач – это не только работа с информацией (ее сбор, обработка и представление в электронном виде в форме удобной для использования в учебном процессе), но и работа редакции портала с авторами (методическими комиссиями, коллективом лекторов и других преподавателей). Важнейшим элементом такой работы является и постоянный процесс актуализации материалов.

Сформулированный подход последовательно реализуется на Химическом факультете при организации электронной библиотеки по химии. На сегодня фонд учебных материалов факультета (<http://www.chemnet.ru/rus/weldept.html>) охватывает большинство из основных учебных курсов. Ниже приведен фрагмент каталога учебных материалов с указанием соответствующих ссылок на страницы портала.

### **Каталог основных разделов фонда учебных материалов на портале «Chemnet» (фрагмент)**

- Неорганическая химия  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/inorg.html>
- Органическая химия  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/org.html>
- Физическая химия  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/phys.html>
- Коллоидная химия  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/colloid.html>
- Техногенные системы и экологический риск  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/technorisk.html>
- Химия нефти и органического катализа  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/oil/welcome.html>
- Химическая кинетика  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/chem-kinetics.html>
- Химия природных соединений  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/natural.html>
- Химия высокомолекулярных соединений  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/vms.html>
- Введение в историю и методологию химии.  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/bogatova/welcome.html>

- Общая химия (для нехимических факультетов)  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/general.html>
  - Математический анализ  
<http://www.chemnet.ru/rus/teaching/chirskii/welcome.html>
- В фонде присутствуют:

## **Лекции (для химического и нехимических факультетов)**

### ***Неорганическая и общая химия***

акад. Третьяков Ю.Д., проф. Зломанов В.П., проф. Шевельков А.В., член-корр. Гудилин Е.А. *Неорганическая химия (Лекции для студентов 1-го курса)*

проф. Шевельков А.В. *Методы исследования в неорганической химии (учебные материалы к лекциям по неорганической химии)*

акад. Третьяков Ю.Д., д.х.н. Казин П.Е., проф. Шевельков А.В., член-корр. Гудилин Е.А. *Перспективные неорганические материалы со специальными функциями*

член-корр. Гудилин Е.А. *Микро– и наномир современных материалов*

член-корр. Гудилин Е.А. *Микроструктуры новых функциональных материалов. Наноструктурированные материалы*

акад. Третьяков Ю.Д., д.х.н. Казин П.Е., член-корр. Гудилин Е.А. *Явление сверхпроводимости*

д.х.н. Казин П.Е. *Магнитные методы в химии*

проф. Загорский В.В. *Лекции по общей и неорганической химии (для студентов биологического факультета и факультета биоинженерии и биоинформатики). Курс лекций построен таким образом, что в нем широко используются материалы, доступные через сеть Интернет.*

проф. Еремин В.В., д.х.н. Борщевский А.Я. *Химия для физиков (общий курс химии для студентов физического факультета)*

### ***Органическая химия***

проф. Лукашев Н.В. *Избранные учебные материалы к курсу лекций по органической химии*

проф. Ненайденко В.Г. *Общий курс органической химии (курс лекций)*

проф. Устынюк Ю.А., Вацадзе С.З. *Лекции по органической химии*

### **Физическая химия**

проф. Коробов М.В. *Физическая химия. Общий курс*  
доц. Успенская И.А. *Конспект лекций по физической химии*  
(для студентов факультета биоинженерии и биоинформатики)

### **Базы данных**

База данных «Термические константы веществ»  
Банк данных «РАДЭН» (РАДиационные и ЭНергетические параметры двухатомных молекул) и ряд других фактографических баз данных.

### **Различные учебно-методические материалы**

Сборники задач и упражнений, сборники практических работ, методические пособия, задачи, электронные версии учебников и книг, пользующихся повышенным спросом (некоторые из которых давно не переиздавались и в данный момент представляют собой библиографическую редкость).

Активно развивается направление использования в электронных учебных материалах мультимедиа и интерактивных технологий трехмерной визуализации объектов (рис. 1.). В частности, на портале Chemnet опубликованы коллекции 3D интерактивных иллюстраций химических объектов, «Взгляд в Наномир» ([www.chemnet.ru/rus/Chemistry3D/Nanoworld/](http://www.chemnet.ru/rus/Chemistry3D/Nanoworld/)) и ряд других примеров. Создан раздел, содержащий видеозаписи химических экспериментов по общей и неорганической химии. Материал подготовлен В.В. Загорским с соавторами ([www.chemnet.ru/rus/teaching/zagorskii2/video/](http://www.chemnet.ru/rus/teaching/zagorskii2/video/)).

### **Материалы для средней школы и абитуриентов**

Коллектив Химического факультета проводит постоянную многоплановую работу со школьниками и абитуриентами. Соответственно в электронной библиотеке есть раздел материалов для учащихся средней школы и абитуриентов. Представлен ряд школьных учебников. Прежде всего, это углубленный курс хи-

мии для школьников, в котором отражен опыт учителя московской школы С.Т. Жукова. Имеются ссылки на три мультимедийных учебника для школьников, подготовленные в Новосибирском, Самарском и Томском университетах. В помощь абитуриентам опубликован ряд материалов, где рассматриваются наиболее трудные вопросы предстоящих экзаменов. К примеру, Загорский В.В, Морозова Н.И. «Наиболее трудные задачи по теме «Равновесие» и «Равновесие в растворах» на вступительных экзаменах в МГУ».

Создаются интерактивные электронные учебные модули для школьников (с полным методическим обеспечением, включая рекомендации учителям, видео-эксперименты, мультимедиа иллюстрации и т.п.). Подготовлен учебный модуль для учащихся профильных школ по теме «Химическая кинетика», включающий в себя мультимедиа материалы – видеозаписи экспериментов, интерактивные иллюстрации и тренажеры. Создан комплект интерактивных трехмерных иллюстраций органических молекул для школьников ([www.chemnet.ru/rus/Chemistry3D/School/](http://www.chemnet.ru/rus/Chemistry3D/School/)).

Внедрение таких технологий позволяет в перспективе решать ряд задач: повышение среднего уровня усвоения материала, возможность углубления или расширения учебных программ, создание мотивации к изучению естественных наук у школьников и развитие собственной подготовленной абитуриентской базы.

Таким образом, на портале «Chemnet» сосредоточен значительный информационный ресурс в области школьного химического образования. Все представленные материалы могут эффективно использоваться в учебной практике. Однако, отсутствие у большинства школьных учителей практического опыта работы с информационно-коммуникационными технологиями часто затрудняет для них реальное использование имеющихся возможностей ИКТ в конкретной предметной области.

### **Школьные химические олимпиады**

Ежегодно при непосредственном участии сотрудников и преподавателей факультета проходят всероссийские и международные олимпиады школьников по химии.

Школьные олимпиады по химии являются традиционной формой работы со школьниками. Начиная с 1997 года, вся дея-



тельность, связанная с проведением Олимпиад (Международные, Менделеевские, Всероссийские, Московские и ряд других) публикуется в Интернете на портале «Chemnet» (<http://www.chemnet.ru/rus/olimp/>). Прежде всего, это задания, предлагавшиеся участникам олимпиад во время их проведения. Одновременно приводятся решения и объяснения большинства задач теоретических туров. Многие из этих заданий вошли в сборник «Задачи химических олимпиад» (авторы Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В.), который также полностью опубликован на портале в электронной библиотеке. Как показывает опыт, многие олимпиадные задания в дальнейшем используются (в частично модифицированном виде) в аналогичных мероприятиях школьного или районного масштаба. Как правило, при подведении итогов на портале публикуются списки призеров и фотографии наиболее успешных участников. В данном случае используется возможность Интернета эффективно и своевременно довести до сведения учащихся и преподавателей итоги конкурса и тем самым поддержать к нему соответствующий интерес.

### **Научные журналы и книги**

В электронную библиотеку химического факультета МГУ входят сетевые версии двух научных журналов, редакции которых находятся при факультете. Это – «Вестник Московского университета, серия «Химия» и «Российский химический журнал» (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева). Материалы этих журналов публикуются с 1998 года. В том же разделе присутствует электронная версия Информационно-аналитического журнала (ВИНИТИ) «Мембраны», посвященного критическим технологиям.

В электронную форму переведен и представлен на сайте ряд популярных изданий по химии, большинство из которых в настоящий момент труднодоступны, отсутствуют в библиотеке и, по существу, представляют собой библиографическую редкость. Представлен фонд научных публикаций сотрудников факультета; опубликованы материалы ряда российских и международных конференций. Создан и систематически актуализируется электронный каталог химических журналов библиотеки Химического факультета.

Определение эффективности электронных материалов портала и выбор направлений дальнейшего развития электронной библиотеки невозможно без умения учитывать использование Интернет-публикаций. Оказалось, что возможностей традиционно используемых средств «статистики посещений» для этих целей недостаточно. В связи с этим, было предложено новая мера измерения использования электронной публикации – «виртуальный тираж» [1]. Применение новой меры измерения позволило «нормализовать» учет использования ресурсов и выявить наиболее популярные учебные материалы и научные статьи, опубликованные на портале Chemnet.ru. Так, в частности, виртуальный тираж презентаций лекций по органической химии профессора В.Г. Ненайденко за 2006 г. превысил 7000 экземпляров. А сравнение тиражей бумажной и электронной версий журнала «Вестник МГУ» доказало целесообразность издания журнала в электронном виде.

Все перечисленные материалы активно используются студентами МГУ и постоянно запрашиваются из других учебных заведений России и стран СНГ, что подтверждает ежегодный рост трафика портала Chemnet (рис. 2).



Рис. 2. Исходящий трафик Интернет-портала Chemnet ([www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru))

Работа по развитию информационных ресурсов проводится в контакте с Учебно-методическим советом по химии учебно-методического объединения по классическому университетскому образованию.

Возможность работы с информационными ресурсами, сосредоточенными на портале, предоставляется как сотрудникам МГУ, так и сотрудникам других научных организаций. В библиотеке Химического факультета организована консультационная служба по работе с научной информацией в электронной форме. Проводятся семинарские и практические занятия по методам создания, поиска и использования информационных ресурсов. Консультации предоставляются как студентам и сотрудникам факультета, так и представителям других учебных и научных организаций.

### **Дистанционное обучение**

Дальнейшим развитием внедрения ИКТ в процесс преподавания химии стало использование элементов электронного и дистанционного обучения и открытие сервера дистанционного обучения. Так как дистанционное получение химического образования в целом невозможно, работа идет в направлении применения ДО в дополнительном образовании и в отдельно взятых темах химии или учебных курсах. Реализация на химическом факультете национального проекта «Образование» открыла новые возможности в развитии данного направления.

Так, по итогам работы в настоящее время на химическом факультете в рамках программ дополнительного обучения разработаны и работают дистанционные курсы подготовки абитуриентов, краткосрочные дистанционные курсы подготовки абитуриентов [2], создана и реализована программа дистанционного тестирования абитуриентов, подготовлены элементы электронного/ дистанционного обучения для факультативного курса «Поиск химической информации». Выпускники курсов уже учатся на Химическом факультете. Для студентов нехимических специальностей для курса общей и неорганической химии разработана и работает экспериментальная программа сетевых контрольных мероприятий, проводимых дистанционно через Интернет [3], создан и опубликован на Интернет-портале Chemnet.ru комплект учебных электронных видеоматериалов лабораторных химических экспериментов [4]. Подготовлен и опубликован в Интернете комплект электронных методических материалов для поддержки дистанционного обучения – текстовые и видео-инструкции. За-

куплен и установлен специализированный сервер, предназначенный для развития дистанционного обучения на факультете. Создан сайт, посвященный применению дистанционного обучения на Химическом факультете МГУ [5], на котором отражается вся информация, связанная с этой темой: проекты, курсы, программы, партнеры, семинары, публикации и т.п.

Проводятся семинары «Информационные технологии в обучении студентов», на которых сотрудники факультета знакомятся с опытом использования ДО в других Вузах. Ведется совместная работа с другими организациями – заключены договора о сотрудничестве с Московским Государственным Институтом Электронной Техники (Техническим Университетом, г. Зеленоград), Международным институтом Александра Богданова (г. Екатеринбург), Якутским государственным университетом им. М.К. Аммосова (г. Якутск).

Далее мы подробнее остановимся на представлении дистанционных курсов подготовки абитуриентов и опыте использования дистанционного обучения в курсе общей и неорганической химии для обучения студентов нехимических специальностей.

### **Дистанционные курсы подготовки абитуриентов на Химическом факультете МГУ**

Подготовка высококвалифицированных специалистов на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова начинается с работы со школьниками и абитуриентами. Эта работа направлена на поиск талантливой молодежи, подготовку школьников к поступлению, и включает в себя проведение химических олимпиад, преподавание в специализированных школах, написание школьных учебников и пособий, участие в разработке образовательных Интернет-порталов и т.п. Активная деятельность в этом направлении приносит плоды по всей территории России и бывшего СССР и ежегодно вызывает приток иногородних абитуриентов, доля которых составляет не менее 60% от всех поступающих.

Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова предъявляет высокие требования к уровню знаний будущих студентов. Для того, чтобы дать иногородним абитуриентам представление об уровне сложности заданий на вступительных экзаменах и облегчить их подготовку к поступлению, на химическом факультете

МГУ по инициативе кафедр неорганической химии и физической химии в 2005 году были созданы коммерческие дистанционные курсы подготовки абитуриентов. Появление дистанционных курсов стало закономерным явлением объединения педагогического опыта преподавателей химического факультета, в том числе в подготовке школьников, и опыта использования Интернет-технологий для создания и развития на химическом факультете самого известного российского химического образовательного и научного портала Chemnet.ru.

Назначение дистанционных курсов – предоставить высококвалифицированную подготовку к поступлению тем, кто не может посещать очные подготовительные курсы, чтобы, независимо от места проживания, все имели равные возможности в получении образования. На дистанционных курсах возможно подготовиться по химии, физике и математике для поступления на химический факультет МГУ.

Программа курсов соответствует программе вступительных экзаменов на химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и уровень требований, предъявляемый слушателям курсов, соответствует уровню вступительных экзаменов.

Обучение ведут преподаватели химического, физического и механико-математического факультетов МГУ. Они имеют большой опыт преподавания на химическом факультете МГУ и хорошо представляют уровень требований к абитуриенту для успешной сдачи им вступительных экзаменов. Слушатели дистанционных курсов изучают каждый предмет, осваивая 30 еженедельных занятий (семь месяцев), и 13 еженедельных занятий (три месяца) проходят слушатели краткосрочных дистанционных курсов. На протяжении всего учебного года желающие могут узнать свой уровень готовности к поступлению, попробовав свои силы в решении работ, эквивалентных вступительным, в рамках дистанционного тестирования абитуриентов химического факультета МГУ.

Основной упор в обучении делается на самостоятельную работу учащегося, но в процессе работы он имеет возможность индивидуально проконсультироваться у преподавателя.

Определяющую роль в освоении материалов курсов играет общение учащегося с преподавателем. Основным средством, обеспечивающим общение и обмен информацией между преподавателем и студентом, является Интернет-портал Chemnet.ru.

давателем и слушателем в рамках работы курсов является система дистанционного обучения химического факультета МГУ, функционирующая на базе программного обеспечения ОРОКС.

По итогам завершеного учебного 2005/2006 г. можно сказать, что курсы оказались успешными и приобретенные знания пригодились выпускникам. Бывшие учащиеся поступили не только на химический факультет МГУ но и в Государственный университет «Высшая школа экономики», МАИ и Московскую Медицинскую Академию им. Сеченова.

Дистанционные курсы, как и ожидалось, оказались востребованными в районах, удаленных от Москвы: от Мурманска до Анадыря, а также в странах бывшего СССР и дальнего зарубежья (в Мексике, Франции, Южной Корее). Таким образом, основная цель дистанционного образования – географическая доступность – поставленная перед курсами, оказалась достигнутой.

Интересно, что дистанционное обучение оказалось интересным и для учащихся из Москвы. Москвичи составили 28% от всех слушателей в 2006/2007 г. и 40% в 2006/2007 г. С одной стороны это объясняется традиционными причинами, связанными с состоянием современных мегаполисов: временными затратами на поездки, небезопасностью путешествия ребенка по городу и т.п. С другой стороны – качество и удобство электронной формы обучения: достаточно свободный график обучения, индивидуальное общение (посредством Интернет-технологий) с преподавателем, контроль прохождения занятий и т.п. Можно сделать вывод, что дистанционное обучение становится не только доступной, но и удобной формой обучения.

### **Элементы дистанционного обучения в курсе общей и неорганической химии для нехимических факультетов**

Курс общей и неорганической химии преподается на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова для студентов шести факультетов: биоинженерии и биоинформатики, фундаментальной медицины, биологического, почвоведения, геологического и географического. Обучение студентов ведут преподаватели одной кафедры общей химии. Учебная нагрузка на преподавателей велика и оптимизация учебной работы является актуальной задачей.

Для решения этой задачи в рамках курса лекций, читаемого В.В. Загорским для факультета биоинженерии и биоинформатики и отделения биофизики биологического факультета, на протяжении ряда лет ведется информационная поддержка курса с помощью электронных учебных материалов, публикуемых в электронной библиотеке по химии Chemnet.ru химического факультета МГУ. Дальнейшее внедрение информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс выразилось в создании интерактивных электронных тренировочных и контрольных модулей, позволяющих студентам и преподавателям оценивать успеваемость с помощью компьютера, в том числе дистанционно. Комплект тренировочных тестов, контрольных работ и коллоквиумов был разработан и опубликован в системе дистанционного обучения Химического факультета ([do.chem.msu.ru](http://do.chem.msu.ru)). Все тестовые и контрольные работы оформлены в виде учебного плана факультета биоинженерии и биоинформатики и отделения биофизики биологического факультета. Данные элементы дистанционного обучения были опробованы в осеннем семестре 2006/2007 учебного года на 73 студентах [3]. Студентам предписывалось выполнять свои задания дистанционно через Интернет с любого произвольного места, то есть не на занятиях и без присмотра преподавателя.

В процессе использования системы дистанционного обучения были выяснены следующие факты [3].

Наличие доступа к Интернету не является лимитирующим фактором выполнения заданий. Мотивированные студенты находят доступ к Интернету, в случае его отсутствия, и наоборот, не все студенты, имеющие сетевой доступ, решают свои задания. Главным оказывается мотивация учащегося. Студенты с невысоким начальным уровнем знаний, но стремящиеся максимально использовать все возможности для учебы, готовы даже оплачивать интернет-кафе для выполнения сетевых заданий. Высокая заинтересованность таких студентов в учебе подтверждается тем, что для получения оценки «5» за интерактивное задание с неограниченным числом прохождений некоторые выполняли до 20–25 попыток.

Сравнение активности студентов в системе дистанционного обучения с выполнением ими обычных «бумажных» контроль-

ных работ показало, что интерактивные тренировки способствуют повышению оценок.

Анализ связи психологических типов студентов со статистикой использования ими системы дистанционного обучения, проведенный В.В. Загорским с сотрудниками [3], показал, что наиболее активны в ней интроверты – меланхолики и флегматики. Они многократно проходят сетевые тесты и контрольные, а также общаются с преподавателем по электронной почте. Студенты с ярко выраженным экстравертным типом не пользуются сетевыми возможностями даже при высоком уровне мотивации к учебе, предпочитая живое общение с преподавателем. Дистанционное обучение в улучшении оценок за очные работы больше всего помогает сангвиникам, затем меланхоликам, менее заметно холерикам и флегматикам. Возможно, это связано с тем, что сангвиники неплохо себя чувствуют в общении и с компьютерным «железом», и с живыми преподавателями. Хотя они менее активно идут в Интернет с учебными целями, зато полученные знания лучше применяют в обстановке прямого межличностного общения, чем меланхолики и флегматики [3].

Таким образом, первый опыт использования элементов дистанционного обучения в преподавании общей и неорганической химии студентам показал, что методы дистанционного обучения и тестирования активно используются прежде всего студентами с высокой учебной мотивацией и для таких студентов они являются новым дополнительным инструментом самостоятельного освоения предмета. Новой возможностью для самостоятельного изучения предмета дистанционное обучение становится для тех, кто в силу своих психологических особенностей характера предпочитает индивидуальную самостоятельную работу общению.

Все упомянутые здесь новые технологии, результаты их внедрения, образовательные продукты и ведущиеся работы являются этапами развития сотрудниками химического факультета МГУ исследовательской и инновационной деятельности, направленной на одно – повышение эффективности обучения химии и улучшения качества подготовки специалистов.

В настоящее время наблюдается активный рост рынка образовательных услуг, основанного, в том числе и на использовании



информационно-коммуникационных технологий. Имеющийся на Химическом факультете научный и педагогический потенциал можно рассматривать как фундамент для создания инновационных образовательных продуктов в области химии и смежных дисциплин. В связи с этим Химический факультет открыт для сотрудничества в области подготовки специалистов, развития технологий повышения качества их подготовки, создания новых программ дополнительного образования и создания новых образовательных продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Миняйлов, Б.И. Покровский, М.Я. Мельников, Оценка эффективности научных и образовательных публикаций в Интернете. От статистики посещений к учету использования. XII Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика'2005», Санкт-Петербург, 2005 г. ([http://tm.ifmo.ru/tm2005/db/doc/get\\_thes.php?id=230](http://tm.ifmo.ru/tm2005/db/doc/get_thes.php?id=230))

2. Миняйлов В.В., Абакумов А.А., Еремина Е.А. Дистанционные курсы подготовки абитуриентов на химическом факультете МГУ. Материалы IV Международной научно-методической конференции «Новые образовательные технологии в вузе», г. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. с. 99.

3. Загорский В.В., Миняйлов В.В., Покровский Б.И., Давыдова Н.А., Петрова Е.П., Мочалыгин А.Г. Элементы дистанционного обучения в курсе общей и неорганической химии на химическом факультете МГУ. Технологии, обстоятельства и психология. Материалы IV Международной научно-методической конференции «Новые образовательные технологии в вузе», г. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. с. 192.

4. Учебные видеоматериалы – [www.chem.msu.ru/rus/teaching/zagorskii2/video/](http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/zagorskii2/video/)

5. Сайт «Дистанционное обучение на Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова» – [do.chem.msu.ru](http://do.chem.msu.ru)

## **ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ – ПАРТНЕРСТВО С ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ БИЗНЕСА**

«...Близость к практике – она приветствуется и в высшей школе. Тесная связь с промышленностью особенно важна для университетов, как и для самой промышленности. Обучение и научные исследования не могут больше оставаться заботой только лишь государства. Это трудная, но необходимая задача, ориентировать содержание теоретического обучения на потребности предприятия. Университеты нуждаются в долгосрочном и надёжном партнёрстве с наукой. Знания должны использоваться практиками и передаваться дальше, в особенности в области техники и естественных наук...»

РСПП

Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова всегда осознавал необходимость тесного партнерства со сферой реальной экономики, неразрывность научных и образовательных аспектов такого партнерства. Но если раньше научные разработки были единственным предметом интереса для реальной сферы экономики, то сегодня они служат отправной точкой для создания тесных связей с представителями бизнеса. Интерес к сотрудничеству в области образования, начиная от трудоустройства выпускников и кончая их специальной подготовкой, все время возрастает. В условиях реформ высшего образования выстраивание партнерских отношений с фирмами и компаниями требует новых подходов, использования информационных и PR-технологий, свойственных свободному рынку. Это направление работы в качестве информационного обеспечения развиваемых факультетом инновационных образовательных программ, получило поддержку в рамках Национального приоритетного проекта «Образование».

Наиболее перспективной и эффективной оказалась выставочная деятельность. Ее опыт и плоды могут представить интерес и для других ВУЗов России.

5 сентября 2005 года в Экспоцентре стартовала XIII Международная выставка химической промышленности «Химия-2005». В выставке «Химия-2005» приняли участие 26 стран, более 900 химических компаний, фирм и организаций.

Среди участников впервые с 1965 года был представлен Химический факультет МГУ им М.В. Ломоносова. В рамках секции «Профессиональное Образование» он демонстрировал информационные материалы об инновационном образовании для выпускников и учащихся старших классов, а также материалы по современным научным разработкам, проводимым учеными факультета.

В первый день выставки в 12.00 состоялось торжественное открытие, на котором присутствовал мэр Москвы Юрий Лужков. В течение всей недели проходили конференции и семинары, призванные повысить осведомленность потенциальных потребителей о новых достижениях химической промышленности.

Участие Химического факультета в отраслевой выставке такого масштаба привлекло внимание не только представителей химической промышленности, но и научных институтов, а также будущих молодых специалистов. Это послужило хорошим началом для расширения круга партнеров факультета из сферы реальной экономики.

Гигант по производству товаров народного потребления компания «Procter and Gamble» провела на факультете целый ряд мероприятий. Началом этому послужило знакомство на «Химии-2005» представителей факультета с Еленой Люрилук, главой департамента P&G по науке в России и восточной Европе, Джоном Кромптоном, менеджером по подбору персонала службы персонала научно-исследовательского подразделения P&G – Европа и Викторией Шин, руководителем отдела персонала Новомосковского завода P&G.

Компания провела презентацию для студентов старших курсов, выпускников и аспирантов. Джон Кромптон и Виктория Шин рассказали о Европейской программе стажировок для студентов магистратуры и аспирантов, семинаре для аспирантов «Узнайте больше о науке и исследованиях в P&G», карьерных

возможностях в подразделении «Производство и поставка P&G – Россия» и отделе внешних связей. По результатам собеседования и тестирования, проведенных на семинаре, несколько студентов были отобраны для прохождения летней стажировки в научном центре P&G недалеко от Лондона.

Годом позже был объявлен конкурс научных проектов среди студентов старших курсов. Студенты и аспиранты должны были объединиться в команды и написать научное решение определенной задачи, соответствующей деятельности компании. Елена Люрилюк провела отбор и пять лучших команд получили призы и возможность внедрить свои научные решения на практике в научных центрах P&G.

Сотрудничество с P&G не ограничилось лишь работой с молодыми специалистами. Компания заинтересована в укреплении связей и в области научно-технических разработок. На сегодняшний день уже подходит к завершению совместный научно-исследовательский проект с кафедрой химии нефти. Это лишь первый проект из нескольких возможных. Компания предоставила факультету информацию о научных задачах, нуждающихся в решении, и сотрудники факультета готовят ответные предложения.

Оценив успех выставки «Химия-2005» руководство факультета приняло решение участвовать и в других отраслевых выставках.

Так, 10–13 октября 2005 года Химический факультет принял участие в ежегодной выставке «МОСКВА – ГОРОД НАУКИ», проводимой Московским Комитетом по науке и Технологий совместно с Правительством Москвы и Департаментом по науке и промышленной политике г. Москвы. Цель этой выставки – демонстрация научно-технического потенциала города, определение путей дальнейшей реализации мощного научного и промышленного потенциала Москвы в решении городских проблем, расширение практического применения фундаментальных и прикладных разработок академической и вузовской науки в инфраструктуре города.

В разделе «Перспективные научно-технические проекты» Химическим факультетом МГУ были продемонстрированы инновационные проекты, готовые для промышленного освоения,

основанные на результатах ранее выполненных НИОКР по нанотехнологиям и альтернативной энергетике.

В марте 2006 года Химический факультет принял участие в Международной специализированной выставке аналитического и лабораторного оборудования, технологий и материалов для анализа, контроля, исследований во всех отраслях промышленности «AnalyticaExpo-2006». Выставка проводится ежегодно, при поддержке научного совета Российской академии наук по аналитической химии. В выставке приняло участие более 300 ведущих компаний из 16 стран мира, в том числе Германии, Японии, США, Испании, Италии, Швейцарии, Дании, Франции, Ирана, Великобритании, Голландии, Украина, Беларуси, России и другие.

«Международная химическая ассамблея – I C A – 2006», прошедшая с 7 по 10 ноября в ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», была организована ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР» при содействии ЗАО «Росхимнефть» и официальной поддержке Российского союза химиков. Ассамблея продолжила и развила тематику международной выставки «Химия» – крупнейшей не только в России, но и в странах СНГ выставки достижений химической индустрии и науки, проводимой Экспоцентром с периодичностью раз в два года, и стала для факультета переходной между «Химия-2005» и «Химия – 2007». На выставке были представлены материалы по технологии для глубокой переработки сырья и выпуска широкого спектра готовой химической и нефтехимической продукции, инновационные научные разработки и современные решения в области маркетинга и реализации товаров. Выставка позволила получить полное представление о возможностях и перспективах химической промышленности.

Прошедшая в ЦВК «Экспоцентр» 14-я международная выставка химической промышленности и науки «Химия-2007» стала центром притяжения профессиональных интересов мировой химической индустрии. Интерес к выставке и ее масштабы соответствуют той роли, которую играет химия в экономике любой страны. Впервые на выставке «Химия» работал **«Центр профессионального образования и карьеры в химической промышленности»** с участием ведущих профильных ВУЗов страны. Его работа позволила обсудить проблемы подготовки высокопрофессиональных кадров для химической отрасли, показать состояние

системы профессионального образования, определить задачи и приоритеты ее дальнейшего развития. Декан Химического факультета, академик В.В. Лунин выступил с предложением организовать такой центр в марте этого года на встрече с директором выставки «Химия» Т.Н. Зиновьевой. В.В. Лунин открыл деловую программу Центра лекцией на тему: «Инновационная деятельность в образовании и науке на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова».

Химический факультет представил вниманию слушателей и доклад заместителя декана по учебной работе Н.Е. Кузьменко. «Современные тенденции развития химического образования от школы до ВУЗа». За организацию и участие в работе Центра факультет был награжден почетным дипломом.

Традиционно выставка «Химия» является площадкой для общения широкого круга специалистов. Участие в ней всех наиболее крупных отечественных и зарубежных компаний дает полную картину современных достижений химии, предоставляя возможность заглянуть в будущее.

По результатам двухгодичной выставочной деятельности факультет как лучшая химическая школа страны привлек внимание не только Российских, но и зарубежных компаний. Высокая квалификация и широкий кругозор выпускников факультета не остались незамеченными.

Так, компания BakerHughes провела презентацию на факультете с целью привлечь на работу выпускников-химиков, инженеров, радиотехников, геологов, геофизиков. Компания BakerHughes предоставляет широкий спектр оборудования, материалов и услуг для нефтегазовой отрасли. Главной целью компании является всемерное развитие и повышение качества технологий для бурения и закачивания скважин, исследования параметров пластов.

Ведущая корейская химическая компания LG Chem объявила о программе поддержки аспирантов физических и химических специальностей МГУ им. М.В. Ломоносова.

Компания Unilever (производитель таких брендов, как Timotei, Calve, Dove, Lipton, Rama, Rexona, Axe, Пышка и других) объявила о программе набора и развития молодых специалистов (Unilever Graduate Recruitment and Development Program

Conference). Студентам пятых курсов было предложено пройти стажировку в компании с возможностью последующего трудоустройства.

Постоянным партнерам по работе с молодыми специалистами стала компания «Samsung». Компания постоянно приглашает на работу специалистов в современных областях развития химического материаловедения, таких как полупроводниковые материалы, материалы для дисплеев, люминофоры, материалы для топливных элементов, материалы для батарей и аккумуляторов, биоматериалы, биочипы и другие. Компания Cargill – мировой лидер в поставке пищевых, сельскохозяйственных и финансовых продуктов и услуг объявила о начале программы набора молодых специалистов. Основные цели программы – рассказать молодым специалистам о карьерных возможностях, существующих в Cargill, а также в результате конкурсного отбора пригласить лучших выпускников на работу в центральный и региональные офисы компании (Москва, Ефремов и Краснодар).

Руководство Химического факультета решило возродить традицию проведения «Дня карьеры химика» на Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Эта ярмарка вакансий является единственной в Москве ярмаркой для химиков. В 2005 году в ярмарке приняло участие около 11 профильных компаний. В 2007 году их число составило 18. На «Дне карьеры Химика» компаниям предоставляется возможность провести презентацию о своей деятельности и перспективах трудоустройства. В свою очередь студенты и выпускники могут задать вопросы, пройти предварительное собеседование, а также выбрать место для преддипломной практики, летней стажировки или будущей работы.

На сегодняшний день для участия в «Дне Карьеры Химика» приглашаются студенты и выпускники не только естественнонаучных факультетов МГУ, но и РУДН, РХТУ, МГАТХТ, МПГУ и других химических вузов.

Постоянный интерес к выпускникам компаний DOW, Degussa, Haldor Topsoe, Schlumberger не угасал еще со времен открытия представительств этих компаний в России. Это – постоянные участники «Дней карьеры».

Помимо зарубежных коллег с каждым годом растет и внимание к выпускникам со стороны российских компаний, таких как

«Сибур», «Еврохим», «Институт Химического разнообразия», «БурСинтез».

Но интересы компаний зачастую не останавливаются только лишь на работе с молодыми специалистами и выпускниками. Большой научный потенциал ученых химического факультета позволяет привлекать партнеров к совместным научно-техническим проектам. Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова принял участие в первом российском семинаре компании «БиЭйчПи Биллитон». Семинар стал площадкой для обмена опытом в области технологий добывающей области. В семинаре приняли участие руководители и ведущие специалисты технологического подразделения компании, специализирующиеся в гидрометаллургии, пирометаллургии, сепарации руд, биовыщелачивания. Для участия в семинаре были приглашены ведущие ученые Химического факультета, чьи доклады о научно-технических работах по темам специализации «БиЭйчПи Биллитона» вызвали интерес сотрудников компании.

Семинар «Самоорганизация молекул как метод получения оптически анизотропных покрытий» провел основатель Научно-исследовательского центра «Контракт», кхн, дбн, выпускник Химического факультета Павел Лазарев. Он рассказал об основных задачах и направлениях работы компании и способах взаимовыгодного сотрудничества с учеными факультета.

Далее состоялся второй семинар-встреча сотрудников Химического факультета с представителями Научно-исследовательского центра «Контракт» на тему «Органическая химия одномерных кристаллов». На семинаре выступили Павел Лазарев и ведущий научный сотрудник компании Валерий Кузьмин. Они рассказали об основных задачах и направлениях работы компании, принципиальных и оригинальных подходах и наметили тематику совместных работ.

В мае этого года состоялся семинар компании «Рекитт Бенкизер», организованный факультетом совместно с Научным Парком МГУ и Научно-образовательным центром «Зеленая химия – химия в интересах устойчивого развития». Основная цель семинара – презентация международной компании «Рекитт Бенкизер», мирового лидера в создании и производстве бытовых чистящих средств, и установление сотрудничества между компанией и



представителями российской науки. Компания надеется как на приобретение готовых технологий, так и на развитие перспективных прикладных исследований. Целый ряд возможных контрактов находится в стадии обсуждения.

Компания ООО «Сибур» направила на химический факультет заявку на проведение совместных НИОКР по тематикам, отвечающим интересам компании.

Помимо всего прочего, постоянными партнерами факультета остаются «BASF the Chemical Company», «Chembridge Corporation», «Schlumberge», «Degussa», «Пента Силикон» и многие другие.

Работа по организации и развитию партнерства Химического факультета с представителями сферы реальной экономики будет вестись и дальше. Теперь, когда в рамках Национального проекта «Образование» факультетом разработаны новые образовательные программы и курсы, образовательная компонента этой деятельности станет еще более существенной.

### **Авторский коллектив:**

В.В. Лунин, Г.В. Лисичкин, Н.Е. Кузьменко, О.Н. Рыжова, Е.Д. Демидова, В.И. Теренин, Ю.В. Макаров, В.Г. Чирский, А.К. Гладилин, О.В. Архангельская, И.А. Тюльков, В.Г. Ненайденко, В.В. Еремин, Т.Н. Шеховцова, Е.А. Осипова, Е.Н. Шаповалова, О.А. Шпигун, М.В. Попик, Б.И. Покровский, В.В. Миняйлов, Е.В. Якубович

### **Под редакцией**

декана Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессора, академика РАН *В.В. Лунина*

### **Составители:**

*Луний Валерий Васильевич* – доктор химических наук, профессор, академик РАН, декан Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

*Кузьменко Николай Егорович* – доктор физико-математических наук, профессор, заместитель декана Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по учебной работе

*Бучаченко Алексей Анатольевич* – доктор физико-математических наук, заместитель декана химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, координатор проекта «Химия»

### **Подготовка материалов:**

*Владимир Викторович Миняйлов* – кандидат химических наук, ст. н. с. кафедры физической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

*Научное издание*

## **Инновационные образовательные программы в области химии: Химический факультет**

Подписано в печать 03.12.2007 г.

Печать офсетная. Формат 64×94 1/16.

Гарнитура Times New Roman.

Объем 12,44 печатных листа

Тираж 1000 экз.

Ордена «Знак Почета» Издательство Московского университета.  
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 5/7.

Отпечатано в типографии ООО «ГЕО-ТЕК».

129110, Москва, Проспект Мира, д. 45, стр. 1, ООО «ГЕО-ТЕК».



*"... Участие в Национальном приоритетном проекте стало для нас новым импульсом, дало нам целый ряд новых инновационных возможностей"*

Декан Химического факультета МГУ  
Академик РАН  
В.В. Лунин



Международная химическая олимпиада школьников 2007 г. в Москве.  
Консультации с авторами задач



Международная химическая олимпиада школьников 2007 г. в Москве.  
Экспериментальный тур

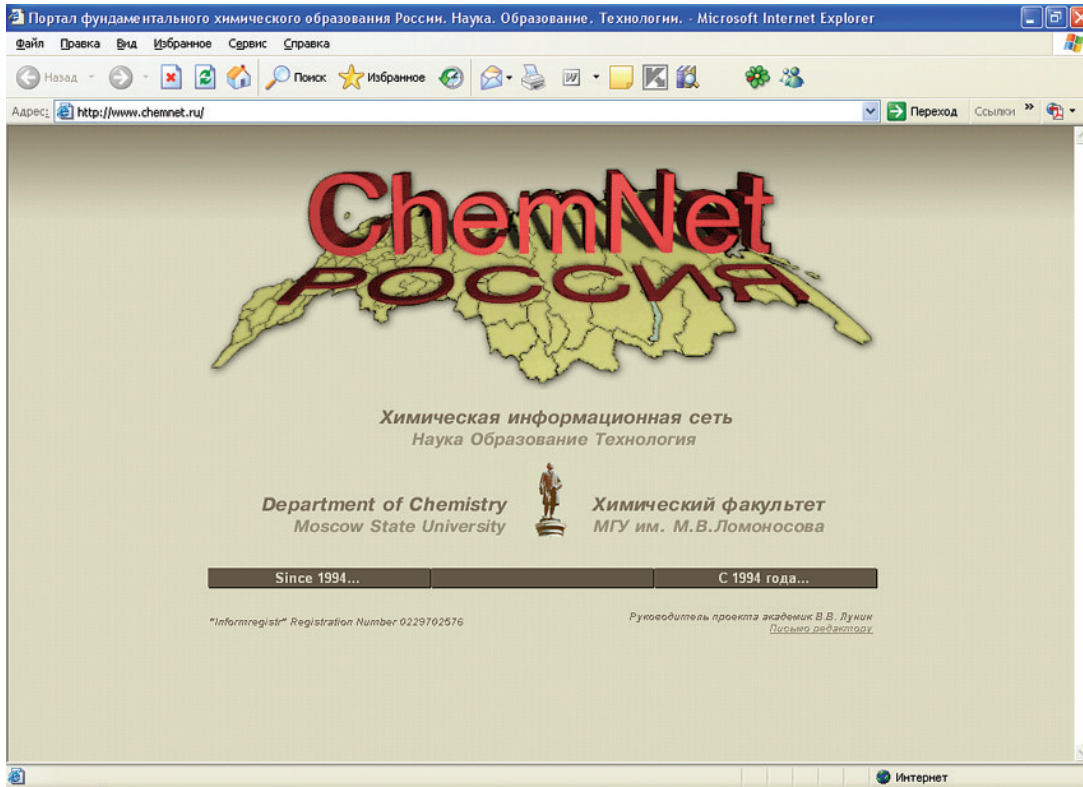


Вице-Премьер Д.А. Медведев с командой России на Международной химической олимпиаде школьников 2007 г. в Москве





Флаг Международной химической олимпиады передан Венгрии



Интернет-портал Chemnet ([www.chemnet.ru](http://www.chemnet.ru))



Академик Золотов Ю. А. выступает на открытии выставки «Аналитика–Expo 2006»



«День карьеры химика – 2007». Ежегодная ярмарка вакансий на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова