

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТУДЕНЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ НА ХИМИЧЕСКОМ И СМЕЖНЫХ ФАКУЛЬТЕТАХ МГУ

Шеховцова Т.Н., Серёгина И.Ф.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Кафедра аналитической химии была создана на химическом факультете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова одной из первых, а факультету в этом году исполнилось 90 лет! Все эти годы кафедра остаётся одной из базовых по подготовке специалистов-химиков в МГУ. Основная задача кафедры со дня её основания и по сей день – преподавание общего курса аналитической химии для студентов химического и других (смежных) факультетов, подготовка кадров специалистов-аналитиков.

В настоящее время проведение современных научных и технологических исследований невозможно без надёжного аналитического обеспечения. В современных исследовательских центрах проведением анализов часто занимаются специалисты, не имеющие базового аналитического образования – геологи, экологи, технологи, медицинские работники, фармацевты. Это вполне допустимо, поскольку современные приборы полностью автоматизированы, и для проведения рутинного анализа не требуются глубокие химические знания, достаточно практических навыков. Однако при освоении новых методов и приборов, анализе новых объектов неизвестного состава, разработке новых методик определения неорганических и органических компонентов образцов нужны знания аналитической химии. Поэтому не случайно аналитическую химию помимо студентов химического факультета всегда изучали и на других факультетах Московского университета, прежде всего, биологическом, геологическом, географическом, почвоведения. В 2000-х годах к ним присоединились студенты вновь организованных факультетов – фундаментальной медицины, наук о материалах, биоинженерии и биоинформатики, биотехнологии, фунда-

ментальной физико-химической инженерии. Ежегодно в практикумах кафедры занимаются около тысячи студентов указанных десяти факультетов, а также школьники специализированного учебно-научного центра МГУ (СУНЦ) и подшефных химических школ.

Естественно, для каждого факультета методическая комиссия кафедры разрабатывает свои программы и учебные планы изучения аналитической химии (АХ) с учётом его специфики, объёма отведенного для этого времени. Но на всех факультетах единой целью учебного курса по аналитической химии является подготовка специалистов с хорошими знаниями её фундаментальных основ, а также классических и современных инструментальных методов химического анализа.

На **химическом факультете** базовый общий курс аналитической химии изучают студенты 2-го курса численностью в среднем 225 человек. В соответствии с учебным планом химического факультета, общий курс АХ включает еженедельные лекции (всего 70 часов в учебном году) и семинары (70 часов), а также лабораторные работы, на которые для разных групп отводится различное количество часов. Общий поток (7 групп) занимается в практикуме 2 раза в неделю (общая продолжительность лабораторных работ составляет 280 часов в год, 8 часов в неделю). Так называемые «специализированные» группы (группа Российской академии наук, готовящая химиков-исследователей для работы в её институтах; группы химии живых систем и нанобиотехнологии; группы новых перспективных материалов и процессов, компьютерного моделирования в химии; физико-химическая группа с углубленным изучением высшей математики и теоретической физики) занимаются в практикуме 1 раз в неделю по 5–6 часов, общая продолжительность лабораторных занятий составляет 175–210 часов в год. Меньшее количество часов, отведенное на лабораторные работы по АХ в этих группах, обусловлено более значительным количеством изучаемых дисциплин в рамках единого для всех студентов учебного плана.

В осеннем семестре второго курса студенты изучают теоретические закономерности химических равновесий и основанные на них химические методы анализа (титриметрические и гравиметрические), методы разделения и концентрирования, метрологические аспекты и объекты химического анализа. Практические занятия начинаются со знакомства с основанными на гомогенных равновесиях (протолитическом, комплексообразования и окислительно-восстановительном) титриметрическими методами классического химического анализа. При этом студенты закрепляют навыки расчёта концентраций растворов и осваивают технику приготовления растворов первичных и вторичных стандартов.

Для кислотно-основного титрования они готовят растворы гидроксида натрия, соляной кислоты, карбоната натрия; проводят стандартизацию растворов и определяют содержание соляной кислоты и хлорида аммония. При определении сильной (соляной) и слабой (хлорида аммония) кислот студенты знакомятся с различными способами титрования – прямым, обратным, заместительным. При этом они изучают ионно-хромовую теорию индикаторов и учатся выбирать оптимальные индикаторы и рассчитывать индикаторные погрешности.

При выполнении лабораторных работ по комплексонометрическому титрованию студенты определяют содержание железа, анализируют смеси катионов: определяют кальций и магний, медь и цинк при совместном присутствии; изучают принцип действия и особенности металлохромных индикаторов. Помимо этого, при титровании различных ионов металлов раствором комплексона – этилендиаминтетраацетата натрия студенты на практике изучают способы повышения селективности действия этого титранта: варьированием pH раствора; маскированием или разделением сопутствующих ионов; использованием лабильных и инертных комплексных соединений.

Работы по окислительно-восстановительному титрованию включают все основные методы – дихроматометрию, перманганатометрию, иодометрию. Студенты готовят первичные и вторичные стандартные растворы тиосульфата натрия, перманганата калия, ди-

хромата калия, оксалата натрия. Они учатся определять факторы эквивалентности и рассчитывать молярную массу эквивалента. Выполнение работ по перманганатометрии позволяет студентам на практике увидеть, как протекают автокаталитические или индуцированные реакции, а также понять, как можно предотвратить протекание нежелательных побочных процессов. Задача по иодометрическому определению меди выдается всем студентам в завершение выполнения работ по титриметрии куратором курса. Она считается тестовой, поскольку метод иодометрии является одним из самых точных химических методов определения ионов меди, и результаты выполнения этой задачи позволяют судить о том, насколько студенты овладели техникой работы и расчётами в титриметрии.

При распределении часов на выполнение работ по каждому титриметрическому методу методическая комиссия кафедры учитывает то, что студенты 2-го курса имеют разную подготовку и навыки экспериментальной работы: кто-то научился титровать еще в химической школе или гимназии, а кто-то в первый раз увидел бюретку и пипетку. Поэтому учебным планом на первых занятиях предусмотрено наличие некоторого свободного времени в практикуме, которое дает возможность преподавателю уделить дополнительное время на обучение технике титрования студентов, не умеющих титровать. В то же время преподаватели могут проводить теоретические опросы по изучаемому материалу тех студентов, которые научились титровать и все работы выполняют в срок.

После освоения титриметрических методов студенты переходят к изучению гравиметрического метода, основанного на гетерогенном равновесии раствор–осадок. Они выполняют лабораторную работу по определению процентного содержания бария или сульфат-иона в смеси солей. При выполнении этих работ студенты знакомятся с работой аналитических весов, учатся работать с осадком (фильтровать, промывать), озолить фильтр, доводить тигель до постоянной массы и рассчитывать содержание определяемых компонентов.

Иногда можно услышать от студентов, что методы классического химического анализа устарели и не нужны в современном мире. Такое мнение порой высказывают не только студенты, но и некоторые преподаватели и научные сотрудники других кафедр факультета. На самом деле это не так. Действительно, методы прямой гравиметрии сейчас всё реже используются в аналитических лабораториях. Но методы отгонки и другие варианты косвенной гравиметрии используют для определения влажности объектов, например, почв; в силикатном анализе или при анализе руд для определения потерь при прокаливании при 130 °С или 800 °С. Метод отгонки используют для определения содержания SiO₂ в почвах или в горных породах. Еще более широко используются титриметрические методы. Так, кислотность или щёлочность почв определяют методом кислотно-основного титрования. При анализе вод или почвенных вытяжек основным определяемым показателем является химическое или биологическое потребление кислорода. Эти показатели определяют методами окислительно-восстановительного титрования – дихроматометрически или перманганатометрически. В лабораториях службы «Водоканала» и Роспотребнадзора методом комплексонометрического титрования определяют жёсткость воды. Поэтому знания и навыки, которые получают студенты химического и других факультетов, востребованы в производственных аналитических лабораториях.

Во второй половине октября студенты переходят к изучению и выполнению реакций обнаружения катионов и анионов в индивидуальных растворах и их смесях – к качественному анализу. Студенты выполняют спектрохимические, экстракционные, люминесцентные, микрокристаллоскопические и другие типы реакций; проводят разделение катионов методом плоскостной бумажной хроматографии. Одновременно они самостоятельно изучают теорию систематического разделения смеси катионов по кислотно-щелочной схеме. После этого они в качестве домашнего задания составляют схему разделения смеси катионов и анионов, заданной индивидуально каждому студенту. И затем, основываясь на предложенной ими теоретической схеме, на

практике выполняют лабораторную работу по разделению сложной многокомпонентной смеси катионов и анионов. Для каждого студента преподаватель готовит индивидуальную смесь неорганических солей и оксидов. Студент должен самостоятельно провести разделение катионов и анионов и ответить на вопрос о составе смеси.

Следует сказать, что параллельно с качественным анализом в практикуме студенты изучают теорию действия органических реагентов, а также методы разделения. Представляется важным, что студенты наглядно знакомятся с взаимодействием органических реагентов с неорганическими ионами; на практике применяют теоретические знания, полученные ими на лекциях и семинарах. Именно разделение смеси катионов и анионов позволяет им разобраться в экстракционных, хроматографических и гравиметрических методах разделения. Они проводят маскирование элементов, селективное растворение осадков и изучают другие аналитические приёмы работы со смесями компонентов. По мнению преподавателей, выполнение качественных реакций позволяет студентам развить химический, в целом, и аналитический, в частности, кругозор.

В конце осеннего семестра во второй половине ноября студенты приступают к выполнению завершающей практической работы, так называемой «зачетной задаче» – к анализу реального объекта. Эту работу студент выполняет при условии, что у него успешно выполнены все практические работы, написаны все контрольные работы и сданы все коллоквиумы. Преподаватель выдаёт каждому студенту какой-либо реальный объект. Это может быть природный минерал, сплав чёрного, легкого или цветного металла, руда, шлак или пылевывброс доменного производства. Студент определяет тип объекта и проводит его качественный анализ. Целью качественного анализа является установление основных элементов, два из которых студент затем будет определять количественно. Количественное определение проводят ранее изученными химическими методами – титриметрическим и гравиметрическим. Установив основные компоненты, студент должен собрать и изучить литературный материал по химическим методам их

определения, предложить несколько методик растворения образца и определения выбранных элементов. Совместно с преподавателем студент обсуждает недостатки и достоинства существующих методов определения и выбирает методики, которые он будет использовать. К сожалению, далеко не все студенты умеют работать с литературой, а тем более самостоятельно подготовить даже небольшой обзор литературы. Поэтому преподавателю приходится дополнительно что-то рассказывать и подсказывать. После изучения литературного материала студенты приступают к количественному анализу образца. Они рассчитывают требуемую навеску, растворяют образец и определяют элементы. После выполнения практической части работы студенты должны написать реферат по анализу объекта. Реферат состоит из следующих разделов:

- качественный анализ образца (выбранная схема, этапы выполнения, уравнения реакций);

- обзор литературы по методам определения основных элементов (группы общего потока описывают титриметрические и гравиметрические методы определения двух элементов, а спецгруппы – методы определения только одного элемента);

- все теоретические расчёты, описание выбранной методики, полученные экспериментальные результаты и расчёты содержания искомого элемента;

- выводы по выполненной работе.

С написанным рефератом студент приходит на экзамен по аналитической химии. В экзаменационном билете третий вопрос билета сформулирован как «Анализ объекта». При ответе на этот вопрос студент должен уметь ответить на все вопросы, касающиеся выполнения зачетной задачи и описанные в его реферате – и литературные, и экспериментальные данные, написать соответствующие уравнения реакций.

Как видно, практикум осеннего семестра методически построен таким образом, что по мере выполнения практических работ их экспериментальная и теоретическая сложность увеличивается. Студенты приобретают всё больше экспериментальных навыков, и в конце се-

местра они успешно применяют их для выполнения задачи по анализу объекта, завершающей изучение химических методов анализа.

Весенний семестр второго курса посвящён ознакомлению студентов с современными инструментальными методами анализа. Практические работы разделены на три блока – спектроскопические, электрохимические и хроматографические методы. Всех студентов делят на два потока, которые параллельно выполняют работы в трёх практикумах – по спектроскопическим, электрохимическим и хроматографическим методам. Параллельно читаются и лекции (по одному разу в неделю) по спектроскопическим и электрохимическим, а затем хроматографическим) методам. Семинары в группах проводятся по тем методам, которые в это время изучаются в практикуме. В практикумах каждый студент выполняет задачу индивидуально, работая по очереди на различных приборах. Поскольку невозможно обеспечить работу всех студентов одновременно на одних и тех же приборах, в начале семестра составляется график, по которому за каждым студентом на каждое занятие закрепляется определённый прибор, на котором он должен выполнить задачу каким-то конкретным методом. На следующем занятии студенты меняются приборами.

По завершению каждого из двух указанных блоков студенты сдают коллоквиум по изученным методам, пишут соответствующую контрольную работу, а затем переходят в другой практикум и приступают к изучению следующей группы методов. Такой способ проведения занятий является единственно возможным при таком большом количестве студентов на курсе, ограниченном количестве помещений практикумов и приборов по каждому методу анализа.

Практикум по **спектроскопическим методам** включает работы по эмиссионным и абсорбционным методам анализа.

По *атомно-эмиссионной спектроскопии* студенты выполняют две работы – пламенно-фотометрическое определение натрия, калия и кальция (на приборе ФПА-2 с использованием магистрального газа в качестве атомизатора) и изучение искрового спектра алюминиевых сплавов; обнаружение и количественное определение элементов-

примесей. При выполнении этой работы студенты работают на современном эмиссионном спектрометре, изучают программное обеспечение, позволяющее выделять аналитические линии; учатся работать с визуальным изображением спектра, находить и обрабатывать аналитические линии, изучать и учитывать вклад спектрального фона, выделять спектральные помехи, строить градуировочные зависимости, определять содержание элементов-примесей.

По атомно-абсорбционной спектрометрии работы в практикуме в настоящее время, к сожалению, не проводятся. В использовавшихся ранее в практикуме пламенных спектрометрах Квант-2 атомизатором является пламя состава пропан-бутан-воздух. Однако после ряда бытовых происшествий с газовыми баллонами, которые случились в других организациях, руководство МГУ запретило использовать баллонный газ в качестве горючего, в связи с чем упомянутые приборы были удалены из практикума, и работы по атомным методам были прекращены. И если для атомно-эмиссионной спектроскопии удалось приобрести приборы, работающие от магистрального газа, то для атомной абсорбции – пока нет.

При изучении одного из традиционных, широко применяемых спектроскопических методов – *спектрофотометрического*, студенты выполняют несколько работ:

- Анализ однокомпонентных систем методом абсолютной фотометрии и методом добавок; определение одного из элементов: никеля, титана, марганца, хрома, фосфора или железа.
- Определение больших количеств веществ методом дифференциальной абсорбционной спектроскопии. Определение меди или никеля в виде аммиачного или аквакомплексов.

Анализ двухкомпонентных смесей предполагает выполнение задач:

- Спектроскопический анализ двухкомпонентной смеси 3-нитрофенол – 4-нитрофенол.
- Определение аналитической концентрации метилового оранжевого в растворах различной кислотности.

- Определение константы диссоциации слабой органической кислоты (тимолового синего, фенолового красного или бромкрезолового синего).

При выполнении работ по спектрофотметрическому методу студенты знакомятся с конструкцией различных фотометров, на практике изучают закон Бугера–Ламберта–Бера и отклонения от этого закона. Они учатся работать с многокомпонентными системами, оптимизируют условия анализа таких систем и изучают математические способы расчёта концентраций определяемых компонентов.

Знакомясь с *люминесцентным методом*, студенты выполняют флуориметрическое определение рибофлавина в медицинских препаратах и определение циркония в виде комплекса с морином. При этом студенты на практике подтверждают основные правила и закономерности люминесценции, в частности правило зеркальной симметрии спектров поглощения и флуоресценции соединений, изучают влияние различных факторов на чувствительность флуориметрического определения люминофоров.

При определении содержания хрома (или формальдегида) в растворах *каталитическим кинетическим методом* студенты знакомятся с понятием «индикаторная реакция», по изменению скорости которой устанавливают концентрацию её катализатора или одного из реагирующих веществ; узнают, как можно определить концентрации аналитов – способами тангенсов или фиксированного времени; учатся строить кинетические кривые, фиксируя приращение оптической плотности во времени.

При выполнении лабораторных работ по **электрохимическим методам** студенты знакомятся практически со всеми современными вариантами этих методов. По *ионометрии* выполняют работу по определению фторида в водах с использованием фторид-селективного электрода. При этом устанавливают электродную функцию, определяют коэффициенты селективности фторидного электрода по отношению к фторид-иону в присутствии посторонних анионов методом смешанных растворов. При выполнении задачи по

определению нитрата с использованием нитрат-селективного электрода студенты знакомятся с методом добавок, который обычно используется для анализа сложных объектов, точный состав которых неизвестен; предварительно устанавливают крутизну электродной функции.

Методом *анодной инверсионной вольтамперометрии* студенты выполняют задачу по идентификации анодных пиков металлов (свинца, кадмия, цинка, меди) и определению их концентрации. Для снижения предела обнаружения определяемый ион металла предварительно электролитически концентрируют из анализируемого раствора в виде амальгамы на поверхности ртутно-пленочного индикаторного электрода. Затем полученный концентрат электрохимически растворяют и регистрируют кривую его электрорастворения. Концентрацию находят по градуировочному графику или методом добавок.

При выполнении задачи по вольтамперометрическому определению гексацианоферрата(II) калия студенты знакомятся с использованием печатных (планарных) электродов, изготовленных методом трафаретной печати, изучают некоторые их возможности.

При ознакомлении с электрохимическими методами титрования студенты удачно дополняют знания, полученные в первом семестре при выполнении работ по титриметрии, примерами других (невизуальных) способов фиксирования конечной точки титрования, осознают на практике, в чём состоят значительные преимущества инструментальных методов в плане обеспечения большей чувствительности, селективности, точности и объективности анализа.

Методом *потенциометрического* кислотно-основного *титрования* они определяют в растворе многоосновную фосфорную кислоту либо анализируют бинарные смеси кислот: соляной и уксусной или соляной и борной, т.е. определяют кислоты или смеси, которые невозможно оттитровать химическим протолитическим методом, однако использование дифференцирующего действия органического раство-

рителя или образование сильных комплексных кислот в сочетании с измерением потенциала ячейки позволяет осуществить такой анализ.

При окислительно-восстановительном титровании кобальта(II) образуется ярко-вишневый аммиачный комплекс кобальта(III); поэтому этот метод является характерным примером, показывающим преимущества потенциометрической индикации конечной точки титрования по сравнению с использованием цветных индикаторов.

Основное преимущество *кулонометрического титрования* — отсутствие необходимости не только стандартизировать и хранить титрант, но и готовить его (в отличие от химической титриметрии). Кулонометрическое определение тиосульфат-иона студенты проводят с визуальным обнаружением конечной точки титрования, используя в качестве индикатора крахмал; титрантом служит электрогенерированный I_2 , получаемый окислением иодида на платиновом аноде. Кулонометрическое титрование соляной кислоты осуществляют с потенциометрической (рН-метрической) индикацией конечной точки титрования, а для кулонометрического титрования кислот используют OH^- -ионы, электрогенерированные из воды на платиновом электроде.

С *амперометрическим титрованием* студенты знакомятся, выполняя работы по определению ионов цинка титрованием гексаацианоферратом(II) калия (по образованию малорастворимого соединения) или дихромат-ионов по восстановлению их гидрохиноном. Резкое изменение характера кривой зависимости силы тока от концентрации аналита позволяет фиксировать конечную точку титрования.

Среди многочисленных **хроматографических методов** студенты имеют возможность изучить на практике метод *газожидкостной хроматографии*, выполняя качественный и количественный анализ смеси *n*-углеводородов или смеси паров алифатических спиртов. Они учатся определять время и объём удерживания неудерживаемого вещества, рассчитывают исправленные времена и удерживаемые объёмы разделяемых веществ. По полученным хроматограммам рассчитывают процентный состав анализируемой смеси.

Задача по определению неорганических анионов в воде выполняется методом двухколоночной ионной хроматографии.

Все задачи в практикумах по инструментальным методам студенты выполняют на относительно новых приборах, большей частью импортных, например, фирм Шимадзу, Аджилент. К сожалению, назвать их самыми современными нельзя, так как многие из них приобретены 10–15 лет назад. Малым количеством хроматографов объясняется явно недостаточное количество практических работ по хроматографии, одному из самых востребованных (но и дорогостоящих) в настоящее время аналитических методов. Руководство кафедры постоянно принимает меры по оснащению практикумов современным оборудованием, однако, в связи с недостаточным финансированием обновление приборного парка практикумов проходит крайне медленно.

Ещё одной проблемой практикума по инструментальным методам является недостаточное количество задач по определению органических соединений, хотя в настоящее время АХ всё больше внимания уделяет анализу именно различных классов органических соединений. И опять же, решение этой проблемы упирается в отсутствие необходимого оборудования.

Логическим завершением практического изучения курса аналитической химии является курсовая работа, которую студенты выполняют в течение второго семестра в одной из научных лабораторий кафедры (хроматографических, спектроскопических, электрохимических, биоаналитических, масс-спектрометрических методов анализа и методов разделения и концентрирования). Ознакомиться с научной тематикой, приборным оснащением каждой лаборатории, выбрать наиболее понравившуюся из них, а также конкретную тему курсовой работы студенты имеют возможность в процессе и после экскурсий, организуемых для них на кафедре в первом семестре второго курса. Курсовые работы студенты выполняют только инструментальными методами, работая на современном научном оборудовании, и в конце учебного года

оформляют их так, как дипломные работы, а также защищают их устно, подготовив презентации, на общем семинаре группы в присутствии комиссии преподавателей. По учебному плану на выполнение курсовой работы отводится всего 40 часов, но реально студенты работают в течение всего семестра в свободное от других занятий время. Многие из них выполняют весьма весомые, хотя и небольшие по объёму научные исследования, по которым в дальнейшем они выступают с докладами на научных студенческих конференциях, пишут статьи в научные сборники.

О тематике курсовых работ можно составить представление по следующим примерам:

- Изучение механизма разгорания флуоресценции карбоцианиновых красителей в присутствии аналитов в субмицеллярных растворах ПАВ.
- ГКР-сенсорные системы для определения витаминов в фармацевтических препаратах и биологических жидкостях.
- Изучение динамики десорбции органических веществ субкритической водой с пористого графитированного углерода.
- Определение цистеаминна методом спектроскопии диффузного отражения с использованием нанокмполитов серебра и пенополиуретана.
- Электрохимические биосенсоры для определения глюкозы на основе прямого биоэлектрокатализа.
- Хроматомасс-спектрометрическое определение полярных фосфорорганических соединений на сорбенте со смешанной селективностью.
- Определение характеристик липидомных профилей тканей мозга методом масс-спектрометрии.
- Получение отпечатков пальцев биологических образцов при определении метаболитов методами ГХ-МС и ВЭЖХ-МС.
- Определение алкилзамещённых трифенилфосфатов в огнестойких жидкостях методом газовой и жидкостной хроматографии.

- Синтез и изучение новых сорбентов на основе сополимеров стирола и дивинилбензола для гидрофильной хроматографии.

Как уже отмечалось, аналитическую химию – и теоретическую и практическую, изучают студенты ещё 9 факультетов. На каждом факультете объём часов, отводимых на изучение АХ, различен и определяется учебным планом факультета. Тематика лекций на всех факультетах практически одинакова: в большем или меньшем объёме она охватывает все необходимые проблемы АХ. В практикуме студенты смежных факультетов знакомятся со всеми химическими методами, однако количество практических задач, особенно по инструментальным методам, существенно меньше, чем на химическом факультете, и определяется количеством учебных часов и спецификой факультета.

Наиболее объёмный курс АХ в течение двух семестров изучают студенты факультета фундаментальной медицины, обучающиеся по специальности «фармация». Общее количество часов, отведённых на лабораторные занятия в течение учебного года, – 180. При этом на химические методы анализа отведено 67 % лабораторного времени, на инструментальные – 33 %.

Характерной особенностью лабораторных работ на этом факультете является направленность многих из них на решение специфических фармацевтических задач. Так, в курсе химических методов анализа выполняется качественный анализ лекарственного препарата, определение аскорбиновой кислоты в препарате методом кислотно-основного титрования, определение сульфата магния в инъекционном растворе методом осадительного титрования, гравиметрическое определение сульфата магния в растворе для внутривенного и внутримышечного введения или гравиметрическое определение сульфата цинка в глазных каплях; дихроматометрическое определение железа в лекарственных формах, применяемых для лечения анемии; перманганатометрическое определение пероксида водорода в гидроперите; разделение и идентификация аминокислот методом тонкослойной хроматографии; контроль качества таблеток аспирина методом хроматогра-

фии. В весеннем семестре в курсе инструментальных методов анализа выполняется спектрофотометрическое определение папаверина гидрохлорида и дибазола при совместном присутствии; флуориметрическое определение рибофлавина в инъекционном растворе; определение действующих веществ лекарственных препаратов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Следом идёт факультет фундаментальной физико-химической инженерии, специализация «Прикладная химия», на котором АХ также изучается в течение двух семестров с общим объёмом лабораторных работ 144 часа. На классические химические и инструментальные методы отводится одинаковое количество часов. Студенты того же факультета, обучающиеся по специализации «Прикладные математика и физика» имеют 68 часов лабораторных работ по АХ в одном семестре с соотношением классических и инструментальных методов 60:40 %.

На факультете наук о материалах химические и инструментальные методы аналитической химии изучают студенты первого (49 часов лабораторных работ) и второго (48 часов) курсов. На втором курсе 70% времени отведено на изучение инструментальных методов.

На факультете биоинженерии и биоинформатики лабораторные работы по химическим (60%) и инструментальным (40%) методам студенты выполняют в течение одного весеннего семестра (72 часа). В качестве примера «специальных» задач можно привести определение аскорбиновой кислоты в фармацевтических препаратах методами кислотности-основного и окислительно-восстановительного титрования; флуоресцентное определение витамина В6 в инъекциях.

Похожая ситуация на факультете биотехнологии: из 54 часов на лабораторные работы по химическим методам отводится 30% и на инструментальные 70%. Специфические задачи: определение состава мёда и контроль качества препарата аспирина методом тонкослойной хроматографии.

На факультете почвоведения лабораторные работы продолжаются 54 часа, соотношение химических и инструментальных методов

40:60 (в %). Специфическая задача – определение окисляемости водной вытяжки из почвы.

На биологическом факультете в результате неоднократных преобразований учебного плана на лабораторные работы по АХ осталось 48 часов, из них всего лишь 20% времени – на инструментальные методы. Методом хроматографии выполняется задача по разделению и идентификации аминокислот.

Для различных специальностей на геологическом факультете отведено на практикум по АХ от 24 до 74 часов. Наибольшее количество часов на инструментальные методы отводится у геохимиков – 24 часа.

Студенты географического факультета изучают курс «Количественный и качественный анализ» с 45 часами практических работ, которые посвящены химическим методам анализа.

Следует отметить, что явно недостаточное количество часов на инструментальные методы анализа почти на всех факультетах обусловлено вовсе не пожеланиями руководства этих факультетов. Напротив, все они хотели бы значительно увеличить долю современных методов АХ. Но невероятная загруженность помещений практикумов кафедры, а ещё больше недостаток приборов в них не позволяют расширить преподавание инструментальных методов на смежных факультетах. Но это уже не методические аспекты.

Таким образом, на сегодняшний день важнейшей задачей кафедры является модернизация практикумов по инструментальным (физико-химическим) методам анализа, приобретение не только и не столько импортных, сколько относительно недорогих отечественных приборов, оснащённых современным удобным программным обеспечением. Это позволит значительно расширить арсенал изучаемых методов, выполняемых задач и анализируемых объектов не только на химическом, но и смежных факультетах МГУ.