

Е.В. Радион, доцент; Т.Л. Залевская, доцент

40 ЛЕТ КАФЕДРЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ БГТУ

The history of development of scientific, educational and methodical activities of BSTU analytical chemistry chair has been shown since the chair creation to nowadays. The main trends and achievements of scientific researches have been noted as well as chair's present state and development prospects.

Кафедра аналитической химии была основана в 1964 г. в результате разделения кафедры физической, коллоидной и аналитической химии.

Заведующим кафедрой стал канд. хим. наук, доц. В.Ф. Бойко, который к тому времени имел большой опыт плодотворной работы в области аналитической химии и ее прикладных аспектов [1–3]. В первый год создания кафедры на ней работали 3 ассистента, на следующий год число ассистентов увеличилось до 6. За первые 5 лет штат вырос до 8 чел., в т. ч. 4 – с учеными степенями кандидатов наук.

В 1966 г. кафедре были выделены помещения в новом учебном корпусе, и в течение двух последующих лет все учебные и научные лаборатории перевели из учебного корпуса № 2 в учебный корпус № 4.

Первоначально за кафедрой была закреплена 1 дисциплина – «Аналитическая химия», которую преподавали 720 студентам химико-технологического, лесохозяйственного и заочного факультетов. В 1968/69 уч. г. кафедре был передан курс «Физико-химические методы анализа» с кафедры физической и коллоидной химии.

На первом этапе (становление кафедры как самостоятельного подразделения) был создан ее штат, заложены основы учебно-методической и научно-исследовательской работы по профилю кафедры с учетом специфики подготовки будущих специалистов, начато создание собственной материально-технической базы.

Будучи прекрасным методистом, доц. В.Ф. Бойко отдал много сил и внимания совершенствованию методики преподавания аналитической химии, повышению педагогического мастерства преподавателей. Именно при его непосредственном участии воспитано первое поколение педагогов кафедры (доц. Т.Л. Залевская, проф. И.В. Пищ, доц. А.А. Шершавина, канд. хим. наук О.Н. Чудновская и др.), многие из которых до сих пор работают в БГТУ. В 1965/66 уч. г. был разработан и внедрен в учебный процесс метод безмашинного программированного контроля знаний студентов по аналитической химии. Широко практиковалось проведение учебных экскурсий на предприятия, появилась первая учебно-методическая разработка [4].

Под руководством доц. В.Ф. Бойко на кафедре проводились научные исследования по следующим направлениям:

- Физико-химические исследования тонкодисперсных многокомпонентных систем и силикатных материалов;
- Разработка новых методов химического и физико-химического анализа;
- Исследование твердофазных реакций в боратных и силикатных системах, синтез термостойких пигментов и красок.

В рамках этой тематики было проведено изучение тонкодисперсных боратов тяжелых металлов (синтез, определение химического состава, изучение свойств) и силикатных систем (методы определения компонентов, влияние примесей и добавок, твердофазные реакции); исследовано взаимодействие карбамида и фосфатов с микроэлементами с целью выяснения сущности взаимодействия между компонентами для обоснования приготовления сложных удобрений и т. д. Важнейшими научными достижениями коллектива

кафедры в области аналитической химии, вошедшими в энциклопедическое издание [5], стали разработка бессероводородного метода систематического качественного анализа катионов с применением ионообменной и распределительной хроматографии и методика определения химического состава сложных соединений в тонкодисперсных системах.

В эти же годы молодые преподаватели кафедры – недавние выпускники аспирантуры завершали научные исследования по темам своих диссертационных работ под руководством ведущих белорусских и российских ученых – чл.-корр. АН БССР, проф. Г.Л. Старобинца (доц. Т.Л. Залевская, доц. А.А. Шершавина); проф. В.В. Печковского (ассист. А.И. Жевнерович); проф. В.В. Варгина и канд. хим. наук Т.И. Вейнберг, Санкт-Петербург (проф. И.В. Пищ). Их работы были посвящены изучению избирательности анионного обмена на сильноосновном анионите, термодинамическому исследованию ионного обмена разновалентных ионов, применению ИК-спектроскопии к исследованию некоторых неорганических соединений, разработке химических и физических методов обесцвечивания стекла.

В 1968 г. на кафедре начала действовать собственная аспирантура под руководством доц. В.Ф. Бойко. Одним из первых аспирантов кафедры стала Л.К. Свирко, а через год проходили обучение уже 5 аспирантов.

Кафедра поддерживала научные контакты с учеными Белгосуниверситета и Латвийского госуниверситета. Доценты кафедры Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, И.В. Пищ, ассистент О.Н. Чудновская были докладчиками постоянно действующего семинара «Химические методы анализа», организованного БелНИИТИ Госплана БССР.

К научным исследованиям активно привлекались студенты, с участием которых были разработаны методики определения химически связанной воды в крахмале и клетчатке (науч. рук. – В.Ф. Бойко), галогенид-ионов в смеси методом ионообменной хроматографии (науч. рук. – Т.Л. Залевская), микроколичеств селена в рудах (науч. рук. – И.В. Пищ), бромидов с использованием электрометрических методов осаждения в неводных средах (науч. рук. – О.Н. Чудновская), кобальта, никеля и железа в смеси методом бумажной хроматографии (науч. рук. – Г.С. Василевская) и др.

С 1974 г. кафедру возглавил д-р хим. наук, проф. А.К. Баев, под руководством которого получили развитие научные исследования по следующим направлениям:

Исследования в области физико-химического анализа соединений элементов III, V и VI групп, переходных металлов и кремнезема с целью разработки теоретических основ их разделения и количественного определения;

Термодинамика и кинетика термораспада карбонильных и элементоорганических соединений;

Физико-химические исследования гетерополиядерных гидроксокомплексов и изучение их роли при концентрировании и разделении веществ.

Результаты многолетних исследований сотрудников кафедры в области термодинамики и кинетики термораспада карбонильных и элементоорганических соединений были обобщены в 2 научных монографиях [6, 7] и защищены в виде 1 докторской (проф. А.К. Баев) и 6 кандидатских диссертаций (доц. А.Е. Соколовский и И.Л. Гайдьм, канд. хим. наук В.Е. Михайлов, А.А. Баркатин, В.И. Подопратора, В.П. Киселевич). Логическим завершением ранее проводимых исследований твердофазных реакций в боратных системах явилась защита 2 кандидатских диссертаций, посвященных синтезу, свойствам и исследованию ряда боратов (канд. хим. наук О.Н. Чудновская и Л.К. Свирко).

Поскольку аналитическая химия тесно связана с промышленностью, то ее развитие в значительной степени стимулируется требованиями практики. Наряду с решением ряда фундаментальных вопросов теоретического характера аналитическая химия призвана обеспечить необходимый контроль производства и окружающей среды [8]. В этой связи коллектив кафедры уделил много внимания разработке методик технического анализа для нужд предприятий. Так, были разработаны и внедрены в практику заводских лабораторий:

– методика определения H_2SO_4 , Na_2SO_4 и $ZnSO_4$ в осадительном растворе вязкого производства (Светлогорский завод искусственного волокна);

- методики анализа сильвинита, сфена и целъзиана (Борисовский стекольный завод);
- экспресс-методика раздельного определения оксидов щелочных металлов в сырьевых материалах и фарфоровой массе (Минский фарфоровый завод);
- методика определения Fe^{2+} , Fe^{3+} и Cu^{2+} в травильных растворах (ПО «Интеграл»);
- методика определения HF в полировальных растворах (Владимирский филиал ВНИИ стекла) и др.

Особое внимание уделялось вопросам аналитического контроля силикатного и стекольного производств. Научные исследования проводились в рамках хозяйственной тематики со многими белорусскими и союзными предприятиями под руководством доцента И.В. Пища. На основании опыта работы кафедры аналитической химии Белорусский государственный технологический университет и лаборатории физической химии силикатов Минского НИИ стройматериалов было издано методическое пособие по анализу силикатных материалов [9].

Наряду с этим в конце 70-х гг. было начато систематическое исследование комплексообразования в водных растворах – ацидокомплексообразования и полиядерного гидроксокомплексообразования, в т. ч. гетероядерного. Реакции комплексообразования играют большую роль в аналитической химии, они широко используются в гравиметрических, титриметрических и многих инструментальных методах анализа, а также для маскирования и концентрирования веществ. От состояния элемента в растворе и от того, находятся ли его ионы в полимеризованном или мономерном состоянии, зависят течение аналитической реакции и ее эффект. Поэтому выяснению состояния определяемого элемента в анализируемом растворе уделяется особое внимание и эти исследования имеют большое значение для аналитической химии [8]. В результате проведенных на кафедре исследований, продолжавшихся почти 20 лет, был получен большой объем научных данных, что позволило установить закономерности и условия образования гетероядерных гидроксокомплексов. По этому научному направлению сотрудники кафедры впоследствии защитили 3 кандидатские диссертации (доц. Е.В. Радион, канд. хим. наук М.Н. Копылович и Е.А. Телущенко).

Научная тематика кафедры отразилась и на студенческой научной работе. В различных научных кружках студенты проводили исследования элементоорганических (науч. рук. – А.К. Баев, И.Л. Гайдым) и боратных систем (науч. рук. – Э.П. Гладкая, О.Н. Чудновская), высокомолекулярных комплексообразователей (науч. рук. – В.А. Якубович); разрабатывали экспресс-методики анализа силикатных материалов (науч. рук. – И.В. Пищ, Т.Л. Залевская); изучали физико-химические методы исследования комплексообразования в растворах (науч. рук. – Л.А. Матусевич).

В целом к концу 70-х гг. штат увеличился практически вдвое в связи с увеличением учебной нагрузки и расширением научных исследований. Ежегодно на кафедре проходили обучение более 1100 студентов факультетов ХТиТ, ТОВ, лесохозяйственного и заочного. Коллектив по-прежнему уделял большое внимание методическим вопросам, связанным с преподаванием аналитической химии и проведением соответствующих практикумов. Накопленный опыт был обобщен в серии учебно-методических разработок [10–13]. В это время развивалось применение технических средств обучения, был разработан диапозитивный материал для лекций, которые читали доц. А.К. Баев, Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, И.В. Пищ. Началось совершенствование лабораторного практикума по физико-химическим методам анализа на основе укрепления материально-технической базы, в учебный процесс внедрялись новые методы – полярография, спектрофотометрия, газовая хроматография, дифференциально-термический анализ. На кафедре была организована УНИРС для студентов химико-технологических специальностей.

В 70–80-е гг. значительно расширились научные связи кафедры, включая международные. Постоянно поддерживались научно-технические контакты с предприятиями (Воронежский завод фаянсовых изделий, Минский комбинат строительных материалов, Борисовский

стекольный завод, Минский фарфоровый завод, ПО «Интеграл», Светлогорский завод искусственного волокна, ПО «Горизонт», Минский шарикоподшипниковый завод, Нововоронежская АЭС и др.), научно-исследовательскими учреждениями (НИИСМ, ИЯЭ АН БССР, ВНИИТИМЖ, ВНИИАЭС НПО «Энергия», Институт материаловедения АН СССР, РИАН, Институт химии АН СССР, Институт полупроводников АН УССР, ИХНР РАН, ИФОХ НАНБ и др.), высшими учебными заведениями (БГУ, Бристольский университет, Латвийский госуниверситет, Витебский педагогический институт, Ивановский химико-технологический институт и др.).

С целью повышения квалификации преподаватели кафедры выезжали на стажировки в ведущие химические и химико-технологических вузы СССР (Москва, Санкт-Петербург, Киев, Иваново и др.). Новейшие учебные разработки и подходы к преподаванию внедрялись в учебный процесс, издавались в виде учебно-методических пособий по отдельным вопросам аналитической химии [14, 15].

На рубеже 90-х гг. вследствие известных тенденций в развитии научных исследований в постсоветское время резко сократилась договорная тематика, что повлекло значительное уменьшение научного штата кафедры. Стало гораздо меньше возможностей поддерживать научные контакты с коллегами из дальнего и ближнего зарубежья, развивать материально-техническую базу учебного процесса и научных исследований. Тем не менее коллектив кафедры продолжал вести фундаментальные исследования, в т. ч. в рамках нового направления «Исследование сорбции ионов тяжелых металлов природными сорбентами» совместно с Институтом леса НАНБ. Были изданы новые учебно-методические разработки [16, 17] для обеспечения практикумов по химическим методам количественного анализа и физико-химическим методам анализа.

С 1998 г. кафедрой руководит канд. хим. наук, доц. Е.В. Радион. В настоящее время в штате кафедры 7 преподавателей, 6 из которых имеют ученые степени кандидатов наук. Кафедра осуществляет преподавание 2 дисциплин – «Аналитическая химия» и «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» – для 1180 студентов химико-технологических специальностей факультетов ТОВ, ХТиТ, ИДиП и заочного.

В соответствии с современным состоянием и перспективами развития аналитической химии были разработаны и изданы типовые учебные программы для химико-технологических специальностей вузов по обеим дисциплинам [18, 19], учебное пособие [20]. Продолжая традиции преподавателей первого поколения, новый педагогический коллектив уделяет большое внимание учебно-методической работе. После 15-летнего перерыва воссоздан лабораторный практикум по разделу курса «Качественный анализ» с изданием учебно-методического пособия [21]. На практике качественный анализ применяется значительно реже, чем количественный. Однако в учебном процессе при подготовке химиков любой специализации роль качественного анализа весьма велика. Именно при выполнении практикума по качественному анализу студент начинает мыслить как химик, изучает свойства веществ и приобретает первые самостоятельные навыки разделения веществ и их идентификации [8].

Благодаря значительному укреплению материальной базы кафедры был создан практикум по газо-жидкостной хроматографии, который обеспечен новой учебно-методической разработкой [22], получили развитие и/или были модернизированы многие лабораторные работы с использованием инструментальных методов анализа. Появилась возможность внедрения в учебный процесс новых лабораторных работ и современных образовательных технологий. Доц. Е.В. Радион, Н.А. Коваленко и А.Е. Соколовский используют методику чтения лекций с применением компьютерно-телевизионного комплекса, в учебный процесс внедрена компьютерная обучающе-контролирующая программа по аналитической химии. Развиваются новые формы учебной работы, в т. ч. с элементами технологии сквозного обучения по линии межкафедральных связей.

В настоящее время достаточно объемный (150 ч) практикум по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» предполагает индивидуальное выполнение лабораторных и зачетных работ с использованием следующих методов:

- систематический и дробный качественный анализ;
- гравиметрический метод анализа;
- титриметрический метод анализа (кислотно-основное, комплексонометрическое и окислительно-восстановительное титрование);
- кондуктометрические методы анализа (прямая кондуктометрия, кондуктометрическое титрование, высокочастотное титрование);
- потенциометрические методы анализа (ионометрия, потенциометрическое и рН-метрическое титрование);
- кулонометрическое титрование;
- вольтамперометрия;
- фотометрические методы анализа (фотоколориметрия, фотометрическое титрование, спектрофотометрия);
- турбидиметрия;
- нефелометрия и нефелометрическое титрование;
- эмиссионная фотометрия пламени;
- рефрактометрия;
- ионный обмен в динамических условиях для целей разделения, концентрирования и определения;
- газо-жидкостная хроматография.

Накопленный опыт в сочетании с инновационными подходами к обучению, постоянным развитием практикумов и совершенствованием методики преподавания позволил разработать современную технологию обучения аналитической химии студентов химико-технологических специальностей, которая внедрена в учебный процесс. Отличительной особенностью этой технологии является установление оптимальных пропорций между традиционным обучением и инновационными подходами к обучению (проблемное и дифференцированное обучение, индивидуализация и вариативность обучения, обучение с элементами УИРС). Важнейшим видом самостоятельной работы студентов (СРС) в курсе аналитической химии является выполнение индивидуальных проблемных экспериментальных заданий – зачетных работ. В последние годы коллектив кафедры проделал большую работу в плане их совершенствования, в результате чего разработано большое количество зачетных работ, которые дифференцируются по объектам анализа (90 реальных, 110 модельных), определяемым веществам (40 неорганических, 15 органических, 15 смесей веществ), цели анализа (10 работ по качественному химическому анализу, 75 – по количественному анализу, 85 – по анализу с использованием инструментальных методов). Для организации СРС, активизации выполнения проблемных заданий, помощи в проведении литературного поиска и выполнения экспериментальной части и расчетов издано методическое пособие [23]. Выполнение зачетных работ позволяет студенту обобщить теоретический материал, изученный в течение семестра. Студент должен применить всю совокупность полученных знаний к решению конкретной аналитической задачи и пройти все этапы аналитического процесса. Наибольший эффект в плане активизации учебной деятельности студентов дают зачетные работы, в которых ставятся реальные задачи, решаемые химико-аналитическими службами различных производств. В этом направлении кафедра активно сотрудничает со многими химико-технологическими кафедрами БГТУ.

Учитывая важность вопросов совершенствования методики преподавания аналитической химии в химико-технологическом вузе, педагогический коллектив кафедры начал проводить целенаправленную научно-методическую работу в рамках отдельной научной темы.

В настоящее время под руководством доц. Е.В. Радион на кафедре развиваются научные исследования по следующим направлениям:

- Исследование состояния ионов металлов в многокомпонентных системах с целью разработки и совершенствования методов разделения и определения;

- Исследование совместного осаждения ионов в многокомпонентных растворах с целью обоснования оптимальных условий получения химически осажденных смесей для последующего синтеза ряда промышленно важных соединений;

- Разработка и усовершенствование экспресс-методик анализа технологических объектов;

- Инновационная деятельность в области совершенствования методики преподавания аналитической химии в технологическом вузе.

В рамках этой тематики было проведено систематическое исследование полиядерного комплексообразования в системах, содержащих ионы Fe (III), Cr (III), Al (III) и ЭДТА, на основании чего установлено образование ряда гомо- и гетерополиядерных комплексонатов, обоснованы оптимальные условия комплексонометрического определения, разделения и маскирования указанных ионов металлов (доц. А.Е. Соколовский); разработана методика комплексного исследования процесса совместного осаждения с использованием нескольких независимых методов (доц. А.Е. Соколовский, доц. Н.А. Коваленко, канд. техн. наук Н.Ф. Поповская); разработаны методики пробоподготовки и определения алюминия в продуктах питания (ассист. И.В. Юрьева); ежегодно разрабатываются и совершенствуются экспресс-методики анализа различных технологических объектов (доц. Н.А. Коваленко, канд. хим. наук Г.Н. Супиченко, канд. техн. наук Н.Ф. Поповская) и т. д. Результаты научных исследований по каждому из направлений обобщены в сериях статей, опубликованных в различных научных журналах, включая международные.

Отличительной особенностью нового этапа развития кафедры является использование современного химико-аналитического, весового и общелабораторного оборудования, что позволяет коллективу на достаточно высоком уровне проводить лабораторные занятия и научные исследования. Среди современного оборудования следует отметить приборы с программным обеспечением (хроматограф «Цвет-800»); со встроенными микро-ЭВМ (пламенный фотометр ФПА-2) и микропроцессорными системами (спектрофотометр СФ-46, фотоколориметры КФК-2МП и КФК-3, иономеры И-160); программируемые приборы (двухкамерная печь для подготовки проб к анализу ПДП-18М, электропечи лабораторные SNOL 8.2), в т. ч. с выходом на ЭВМ (потенциостат ПИ-50-1 с программатором ПР-8); современные аналитические приборы с цифровыми индикаторами (весы технические AR-5120, весы аналитические AR-2140, центрифуги «Элекон», рН-метры «HANNA» и И-150, кондуктометр «HANNA» и др.). Кафедра подключена к сети Internet (analitika@bstu.unibel.by) и имеет необходимую оргтехнику, позволяющую автоматизировать информационную работу (компьютеры, принтеры, сканер, копировальный аппарат).

Таким образом, за 40 лет кафедра сформировалась как самостоятельное учебно-научное подразделение БГТУ, имеющее собственный кадровый потенциал, материально-техническую базу и определенные достижения в учебно-методической и научно-исследовательской деятельности. Такой юбилей дает возможность не только подвести основные итоги многолетней работы, но и наметить тенденции развития. Кафедра и впредь будет постоянно развиваться и совершенствоваться, бережно сохраняя опыт и наследие первых поколений педагогов и преумножая его своей работой по всем направлениям в русле новых перспектив:

- внедрения в учебный процесс новых образовательных технологий;

- дальнейшего развития материальной базы с учетом современных тенденций развития аналитического приборостроения;

- дальнейшего развития научных исследований по профилю кафедры на базе увеличения объема финансирования НИР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко В.Ф., Цитович И.К. Количественный и сельскохозяйственный анализ. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 223 с.
2. Бойко В.Ф., Цитович И.К. Химия. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 391 с.
3. Бойко В.Ф., Цитович И.К. Агрохимическая лаборатория: Практ. руководство. – М.: Сов. наука, 1959. – 498 с.
4. Методические указания к курсу «Физико-химические методы анализа» / Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, И.В. Пищ и др. – Мн.: БТИ, 1973. – 98 с.
5. Старобинец Г.Л. Аналитическая химия // Белорусская Советская Социалистическая Республика. – Мн.: БСЭ, 1978. – С. 416.
6. Баев А.К. Структура и энергетика карбониллов металлов. – Мн.: Выш. школа, 1986. – 143 с.
7. Баев А.К. Химия газогетерогенных систем элементоорганических соединений / Под ред. В.С. Солдатова. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 174 с.
8. Развитие аналитической химии в Украине / Под общ. ред. А.Т. Пилипенко. – Киев: Наук. думка, 1982. – 368 с.
9. Химический анализ силикатных материалов: Метод. пособие / Под ред. А.К. Баева; Мин. науч.-исслед. ин-т строит. материалов, Бел. технолог. ин-т им. С.М. Кирова. – Мн.: Польша, 1983. – 35 с.
10. Методические указания к лабораторным работам по разделу «Химические методы анализа» курса «Аналитическая химия» / Л.А. Матусевич, Т.Л. Залевская. – Мн.: БТИ, 1979. – 30 с.
11. Лабораторный практикум по курсу «Физико-химические методы анализа» / Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, О.Н. Чудновская и др. – Мн.: БТИ, 1979. – Ч. 1. – 55 с.
12. Лабораторный практикум по разделу «Физико-химические методы анализа» курса «Аналитическая химия» / Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, И.Л. Гайдым. – Мн.: БТИ, 1980. – Ч. 2. – 44 с.
13. Лабораторный практикум по разделу «Физико-химические методы анализа» курса «Аналитическая химия» / Т.Л. Залевская, Л.А. Матусевич, В.А. Якубович. – Мн.: БТИ, 1982. – Ч. 3. – 45 с.
14. Методические указания по курсу «Аналитическая химия» / В.А. Якубович, О.Н. Чудновская, Т.Л. Залевская, В.П. Белоусов. – Мн.: БТИ, 1987. – 57 с.
15. Методические указания к лабораторным работам по физико-химическим методам анализа: ионометрия, кинетические методы анализа / В.А. Якубович, О.Н. Чудновская. – Мн.: БТИ, 1988. – 43 с.
16. Физико-химические методы анализа: Лабор. работы по курсу «Аналитическая химия» / Т.Л. Залевская, О.Н. Чудновская, Г.Н. Устиченко, Е.В. Радион. – Мн.: БТИ, 1991. – 53 с.
17. Химические методы анализа: Метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Аналитическая химия» / Т.Л. Залевская, О.Н. Чудновская, Е.В. Радион. – Мн.: БТИ, 1992. – 34 с.
18. Аналітична хімія: Вучэбная праграма для хім.-тэхналаг. спецыяльнасцей выш. навуч. устаноў / А.В. Радзівон. – Мн.: БДТУ, 2001. – 10 с.
19. Аналітичная хімія і фізіка-хімічныя метады аналізу: Вучэб. праграма для хім.-тэхналаг. спецыяльнасцей выш. навуч. устаноў / А.В. Радзівон. – Мн.: БДТУ, 2001. – 15 с.
20. Коваленко Н.А., Радион Е.В. Количественный химический анализ: Учеб. пособие по разделу курса «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» для студентов-заочников хим.-технолог. специальностей. – Мн.: БГТУ, 2004. – 67 с.
21. Аналитическая химия. Качественный анализ: Метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплинам «Аналитическая химия» и «Аналитическая химия и физико-

химические методы анализа» / А.Е. Соколовский, Н.А. Коваленко, Н.Ф. Поповская, Е.В. Радион. – Мн.: БГТУ, 2002. – 32 с.

22. Хроматографические методы анализа: Метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / Н.А. Коваленко, Г.Н. Супиченко, А.Е. Соколовский, Е.В. Радион. – Мн.: БГТУ, 2003. – 34 с.

23. Химический анализ модельных и реальных объектов: Метод. указания к выполнению зачет. индивидуальных работ по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / Е.В. Радион, А.Е. Соколовский, Н.А. Коваленко и др. – Мн.: БГТУ, 2003. – 61 с.