

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ И ВОСПОМИНАНИЯ

Николай Петрович Комарь. Очерк научной биографии

Николай Петрович Комарь был выдающимся ученым-аналитиком и реформатором университетского курса аналитической химии, заслуги которого еще в полной мере не оценены.

Н.П.Комарь родился 2 мая 1900 г. в семье служащего пивоваренного завода "Новая Бавария". Ровесник века, он поступил на химическое отделение Харьковского университета в памятном 17 году и окончил его в 21 году, учился в аспирантуре у профессора В.Ф.Тимофеева, после чего начал свою педагогическую деятельность в ряде харьковских вузов, сочетая ее с научной работой в Институте охраны труда.

Большинство читателей знает работы Комаря, посвященные теории аналитической химии. Менее известно то, что Комарь блестяще владел техникой классического химического анализа и в довоенные годы одним из первых среди аналитиков занимался разработкой надежных методов аналитического контроля объектов окружающей среды. Итогом его работ в этой области явилось изданное в 1934 г. "Руководство по определению промышленных ядов в воздухе" [1], в котором и сегодня можно найти много полезного и интересного. Небольшая жизненная подробность. В качестве запорной жидкости в газоанализаторах Комарь, конечно, использовал ртуть, которую он сам очищал. Следствием его напряженной экспериментальной работы явилось сильнейшее ртутное отравление, которое врачи долго не могли диагностировать. Но могучий организм и неукротимое желание продолжать творческую работу помогли преодолеть этот опасный недуг. Одним из итогов этого периода была разработка широко применяемого и поныне промышленного метода демеркуризации, выполненная совместно с подругой и опорой всей его жизни, постоянной сотрудницей и коллегой со времен аспирантуры Варварой Павловной Маевской. Деятельность Комаря в те годы не ограничивалась аналитической химией – он провел важные исследования в области теории взрывных патронов для угольных шахт и создал безопасный взрывной патрон "Гидрокс", отмеченный премией Наркомтруда СССР [2], и взрывобезопасный электрический светильник [3]. За комплекс работ в области методов анализа воздуха промышленных предприятий Комарю в 1938 г. была присвоена ученая степень кандидата химических наук без защиты диссертации. По комплексу работ, связанных с патроном «Гидрокс», им была написана и представлена к защите докторская диссертация, защитить которую не позволила война.

С 1944 г. начинается плодотворная педагогическая и научная работа Н.П.Комаря на химическом факультете Харьковского университета, продолжавшаяся вплоть до его смерти 29 марта 1980 г.



Н.П.Комарь, 1923 г.



Н.П.Комарь в начале 30-х годов; справа – жена Н.П.Комаря В.П.Маевская.

Рассказать здесь о всех основных научных трудах Комаря не представляется возможным, и мы ограничимся лишь наиболее важными с нашей точки зрения работами, которые оставили заметный след в науке и сохраняют актуальность до настоящего времени.

В 1951 г., задолго до известных работ Кайзера и с иных позиций Н.П.Комарь предложил [4], а затем – вместе со своими сотрудниками и учениками – применил к большому числу качественных реакций [5-7] метод математической оценки предела обнаружения, основанный на нахождении области содержаний компонента, в которой вероятность его обнаружения меньше единицы. Вслед за Эмихом эту область он называл областью ненадежной реакции (сегодня ее можно было бы называть областью ненадежного аналитического сигнала). Положение указанной области определяется концентрацией, вероятность обнаружения которой равна 50%, а ширина области – статистической характеристикой, называемой вероятным отклонением. Сегодня есть основания полагать, что область ненадежного аналитического сигнала характерна для любых методов анализа, и было бы интересно сопоставить оценки пределов обнаружения по Кайзеру, которые, как известно, основаны на учете флуктуаций фона, и по Комарю.

До сих пор не потеряла своей актуальности большая серия работ Н.П.Комаря "Спектрофотометрия многокомпонентных смесей" (1950-1957) [8-12], в которой были развиты методы совокупного определения констант равновесий кислотной ионизации и коэффициентов молярного поглощения реагентов, а также состава, констант образования и коэффициентов молярного поглощения комплексов, используемых в спектрофотометрическом анализе. В частности, в этих работах были детально рассмотрены возможности и ограничения известного фотометрического метода определения состава окрашенного комплексного соединения, называемого в литературе "методом непрерывных изменений" (Комарь предпочитал называть этот метод именами его авторов – русского химика Остромысленского и француза Жоба). Итоговыми работами этой серии были статьи [13-15].

Идеи Комаря в данной области получили развитие в работах его сотрудников и учеников – В.Н.Толмачева, Л.П.Адамовича, А.Л.Гершунса. Эти работы до сих пор цитируются и используются аналитиками, физико-химиками и неорганиками, предложенные Комарем методы включены в различные учебники и руководства по аналитической химии (см., например, [16]).

В статье "К вопросу о применении математической статистики в аналитической химии" [17], Н.П.Комарь одним из первых показал возможности применения статистики малых выборок для оценки достоверности результатов химического анализа как одного из видов измерений. Предложенные в этой статье и проиллюстрированные на конкретных примерах приемы статистической обработки результатов анализа вскоре были взяты на вооружение аналитиками; они способствовали повышению уровня химико-аналитических исследований и качества анализов. Позднее вышли в свет известные книги В.В.Налимова [18] и К.Д.рффеля [19], другие руководства по данной проблеме, но статья Комаря остается первой в этом ряду, и ее актуальность до сих пор не исчерпана.

Известность получили работы Н.П.Комаря, выполненные им в соавторстве с В.П.Самойловым, которые посвящены погрешностям спектрофотометрии. Было показано, что известная зависимость погрешности измерения от значения оптической плотности, рассчитанная Шмидтом из теоретических соображений, не согласуется с экспериментальными данными и фактически скрывает возможности спектрофотометрического анализа в области высоких значений оптической плотности [20, 21]. Полученная зависимость получила убедительное теоретическое объяснение на основе учета погрешностей настройки прибора на 100%-ное и нулевое пропускание. Таким образом, была опровергнута одна из догм, в которую аналитики верили в течение трех десятков лет. Комарь и Самойлов изучили и обосновали также аналогичную зависимость для дифференциального варианта спектрофотометрии [22]. Эти результаты сохраняют свою актуальность и сегодня.



Н.П.Комарь в 50-е годы.

Начиная с 1963 г., Н.П.Комарь развивал представление о химической метрологии как совокупности путей и средств обеспечения достоверности определения химического состава исследуемых объектов [23, 24]. Он считал, что химическая метрология должна заменить рецептурную аналитическую химию, основанную на эмпирическом подходе к процедуре анализа. Автор уже упоминавшейся книги по применению статистики в аналитической химии К.Д.рффель в работе, написанной в 1995 г. [25], по существу поддержал идею Н.П.Комаря, утверждая, что "аналитическая химия – дисциплина, лежащая между химией и метрологией".

В трудах Н.П.Комаря намечены три основных пути решения задач, стоящих перед химической метрологией:

- Создание системы передачи размера основной единицы количества вещества (моль) от первичного эталона, в качестве которого предложено использовать молекулярный иод, в практику различных методов анализа [26-30]. Это направление пока не реализовано. Его альтернативой является использование таких своеобразных мер, как стандартные образцы состава, применение которых не исключает появления систематических погрешностей в результатах анализа (современное состояние данной проблемы рассматривается в статье [31]).
- Использование математической статистики для оценки и минимизации погрешностей результатов анализа. Сегодня статистические методы взяты на вооружение аналитиками и их применение едва ли является дискуссионным.
- Оптимизация всех стадий и условий аналитической процедуры с использованием физико-химических параметров процессов, протекающих в ходе анализа.

Важнейшими параметрами систем, используемых в аналитической химии, Н.П.Комарь считал данные о составе всех участвующих в равновесиях частиц, термодинамические константы химических равновесий и коэффициенты активности компонентов на различных



Сотрудники кафедры химической метрологии профессор Л.П.Адамович (справа) и доцент А.А.Гершунс.

солевых фонах, необходимые для описания и расчета равновесных химических систем любой сложности. Начиная с второй половины 60-х годов, он развил оригинальный метод совокупного измерения указанных параметров, основанный на использовании законов сохранения начальной концентрации, сохранения заряда и действующих масс [32-34].

Неотъемлемой составной частью этого подхода явились прямые измерения активностей ионов с использованием недавно появившихся ионоселективных электродов. Комарь предложил метод стандартизации ионометрических установок, основанный на использовании стандартизованных растворов сильных электролитов и свободный от ограничений, которые присущи условным шкалам, аналогичным шкалам кислотности [33, 35-42]. Были предложены также методы измерения коэффициентов активности незаряженных частиц [33, 43, 44], методы измерения параметров равновесий в двухфазных системах [33]. На протяжении последних пятнадцати лет своей деятельности Н.П.Комарь вместе с сотрудниками (Т.В.Васильева, С.И.Вовк, Г.С.Заславская, С.И.Егорова, Л.И.Индък, А.З.Кафтанов, В.П.Колесник, Л.П.Логинова, В.В.Мельник, О.С.Мусаилов, Нгуен Мау Тхует, Нгуен Тинь Зунг, М.И.Рубцов, А.В.Старченко, В.П.Ульянов, Ю.М.Хорошевский и другие) применил эти методы к большой группе аналитических систем.

Развитая Н.П.Комарем концепция химической метрологии во многом предвосхитила хеометрику, сформировавшуюся в 80-х годах и ставшую в последнее время очень популярной [45]. Здесь стоит вспомнить основные вопросы, охватываемые хеометрикой :

- статистическая обработка результатов измерений;
- оптимизация параметров эксперимента;
- обнаружение и разрешение аналитических сигналов;
- градуировка в аналитической химии;
- извлечение информации из аналитических сигналов.

Нетрудно заметить, что в указанном перечне присутствуют все основные направления химической метрологии: градуировка, статистика, оптимизация условий анализа. Методы планирования эксперимента и обработки спектроскопических сигналов являются способами решения одной из задач химической метрологии – оптимизации стадий и условий аналитической процедуры. И лишь извлечение информации из аналитических сигналов, включая теорию распознавания образов, не имеет аналога в концепции химической метрологии, предложенной Н.П.Комарем. Так что химическую метрологию и хеометрику объединяет не только общность построения указанных терминов из корней интернациональных слов "химия" и "метрология", но более глубокая, содержательная связь.

Научные исследования Н.П.Комаря неразрывно связаны с его педагогической деятельностью. Говоря о необходимости перестройки университетского курса качественного анализа, он писал в 1950 г.:

"Факты косности и застоя в области преподавания качественного анализа довели до того, что некоторые химики ... вообще предлагали ликвидировать этот курс. Курс качественного химического анализа надо перестроить таким образом, чтобы предмет этот снова занял подобающее место в ряду других химических дисциплин. Такая перестройка с учебно-методической точки зрения остро необходима, так как именно при изучении курса качественного анализа, если он правильно поставлен, у студента складывается химическое мышление, создаются навыки, связывающие теоретические предпосылки с постановкой опыта и его выполнением, закладываются и утверждаются общие методологические приемы будущего исследователя. Но все это, конечно, может быть достигнуто только в том случае, если учащемуся станет ясным смысл каждой аналитической операции и каждого получаемого результата, если он научится использовать во всех случаях законы химического равновесия и применять их не только для качественной оценки, но и расчета систем, изучаемых в курсе качественного анализа"¹.

На химическом факультете Харьковского университета на основе научных идей Комаря была осуществлена кардинальная перестройка лекционных курсов и практикумов по качественному и количественному анализу; начал читаться один из первых в мире курсов "Применение математической статистики к анализу вещества". Н.П.Комарь создал сборник задач [46], а затем учебник [47] по курсу качественного химического анализа, за который автору в 1958 г. была присвоена ученая степень доктора химических наук и который в течение многих лет служил настольной книгой для химиков, изучающих равновесные процессы. Эти работы получили широкую известность и высокую оценку специалистов.

Достижения Комаря и его кафедры в области преподавания аналитической химии обратили на себя внимание и за рубежом. В статье, опубликованной ведущим журналом США по химическому образованию, сказано [48]: "Ознакомление с учебным курсом, лабораторным руководством и сборником задач, изданными Харьковским университетом, показывает, что материал изложен на высоком научном уровне и многое из него следовало бы включить в курсы аналитической химии учебных заведений США". Такое признание, сделанное в Соединенных Штатах в годы, когда нас разделял почти непроницаемый железный занавес, дорогого стоит.

Н.П.Комарь уделял значительное внимание применению математических методов в развитии и преподавании химии, в частности аналитической. Уже будучи заведующим кафедрой, Комарь в 1946–1950 г.г. прослушал полные курсы высшей математики и физики вместе со студентами физико-математического факультета Харьковского университета. Ученики Н.П.Комаря помнят его «домашнее» рабочее место в докомпьютерную эпоху: огромный пись-

¹Цитируется по рукописи Н.П.Комаря из его личного архива.

менный стол с выдвижной полочкой, на которой устанавливались большие конторские счеты, принадлежавшие еще его отцу, вычислителю движения планет на астрономической обсерватории Харьковского университета, на столе – механический арифмометр (в последующие годы – электромеханический калькулятор). Но время шло, и без выхода на первые большие компьютеры уже было не обойтись. В штате кафедры появился молодой выпускник мехмата университе-



Н.П.Комарь в конце 70-х годов.

та, профессиональный программист (Б.А.Дунай). Комарь поддерживал интерес к математическим методам и компьютерам у сотрудников кафедры и факультета, даже если и не вникал в подробности рассматриваемых ими проблем. Из молодежи, тяготеющей к кафедре химической метрологии, сложились первые кадры квантовых химиков химического факультета Харьковского университета.

Н.П.Комарь не жалел времени на преподавательскую работу и в 50^х-70^х годах в течение нескольких месяцев ежегодно решал со студентами химического факультета задачи повышенной сложности, связанные с расчетами химических равновесий. В курсах качественного и количественного анализа он подробно излагал методы теоретического обоснования процессов обнаружения, определения, разделения и маскировки компонентов на основе количественного описания равновесных химических систем (называемого им "теорией ионных равновесий"). Роль такого подхода не потеряна и в век компьютеров. Его последние учебники, посвященные этим вопросам [49, 50], были изданы Харьковским отделением издательства "Вища школа" только через несколько лет после смерти автора.

Н.П.Комарь прививал сотрудникам и ученикам высокую химическую культуру. Он не терпел, когда в устной речи соединения называли их химическими формулами. Задолго до решений Международного союза теоретической и прикладной химии (1970, 1971 гг) и Национального комитета советских химиков (1980 г.) [51] он использовал международную номенклатуру неорганических веществ, в том числе комплексных соединений, и неумолимо внедрял эту номенклатуру в учебный процесс.

О любовном, трепетном отношении к своему делу говорят рукописи Комаря, написанные прекрасным почерком, совершенно не похожим на каракули многих знаменитых людей. По тщательности отделки эти рукописи напоминают труды старинных писцов или образцы китайской каллиграфии.

Он был бесконечно предан науке и не позволял себе отвлекаться на что-либо еще в ущерб своей научно-педагогической деятельности. Поэтому посторонним он часто казался замкнутым и сухим человеком, кабинетным ученым, теоретиком, живущим в башне из слоновой кости. Лишь немногие близкие к нему люди знали, что он был человеком высокой культуры и энциклопедических знаний в самых различных областях, чутким и внимательным к своим родным, сотрудникам и ученикам. Можно привести множество примеров того, как Комарь, не жалея времени и сил, использовал свой авторитет для защиты талантливых молодых ученых, которые не вписывались в господствующую партийно-бюрократическую систему.

Но сам он в условиях этой системы был незащищен, и условия его жизни и работы разительно не соответствовали его научным заслугам. До последнего дня он занимал две комнаты в старом доме на углу улицы Клочковской и Бурсацкого спуска, в котором не было ни центрального отопления, ни элементарных бытовых удобств. Большую часть его квартиры занимали книги, научная литература, которую он активно использовал в своей работе. Эти книги не могли уместиться в однокомнатной квартире в новом доме, которую ему как-то предложил университет, и он продолжал подниматься по скрипучей деревянной лестнице в свою старую квартиру и отапливать ее заготавливаемыми с осени березовыми дровами.

До последнего дня Н.П.Комарь вел интенсивную научную работу, увлеченно занимался любимым делом – преподавал аналитическую химию и химическую метрологию студентам Харьковского университета, руководил коллективом созданной им первой в стране кафедры химической метрологии. Он работал 7 дней в неделю, 12 месяцев в году, без выходных и отпусков. Перерывы случались только во время болезни, но даже в последние годы это происходило не часто. Он заботился о своей физической форме, делал по утрам сложную зарядку, разминая суставы, которые становились все менее послушными. Ничто не предвещало беды. Но утром 29 марта 1980 г. студенты пришли в деканат и сообщили, что Комарь не явился на свою лекцию. Заподозрили самое худшее, пошли к нему домой и узнали, что он скончался накануне ночью, один в своей квартире, оставив предсмертную записку, в которой, в частности, беспокоился о судьбе химической метрологии. Даже в последние минуты он думал о работе, о науке, которой посвятил свою жизнь!

Его научное и педагогическое наследие остается с нами, многие его идеи и замыслы и сегодня сохраняют актуальность, заслуживают продолжения и развития.

Литература

1. Комарь Н.П. Руководство по определению промышленных ядов в воздухе. Под общей редакцией П.И.Долгина. Харьков: Гос. науч.-тех. изд-во Украины. 1934. 141 с.
2. Комарь Н.П. Патрон Гидрокс. Авт. свид. на изобрет. №50230. Оpubл. 31 авг. 1936 г. Класс 78e, 3.
3. Комарь Н.П. Взрывобезопасный электрический светильник. Авт. свид. на изобрет. № 189022. Оpubл. 31авг. 1936 г. Класс 5в, 35.
4. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1951. Т.37. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.8. С.143-148.
5. Комарь Н.П., Киселевский В.В., Туранова Е.Т. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1951. Т.37. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.8. С.149-157.
6. Комарь Н.П., Киселевский В.В., Бехер Р.М. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1951. Т.37. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.8. С.159-165.
7. Комарь Н.П., Киселевский В.В., Эренброд Б.А. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1951. Т.37. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.8. С.167-170.
8. Комарь Н.П. Докл. АН СССР. 1950. Т. 72, №3. С.535-538.
9. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1951. Т.37. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.8. С. 37-41, 43-49, 51-56, 57-60, 61-64.
10. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1954. Т.54. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.12. С. 5-12, 13-30, 31-45, 47-52, 53-60, 61-68, 69-75.
11. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1956. Т.71. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.14. С. 119-128, 129-134, 135-144.
12. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1957. Т.82. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.16. С. 87-94, 95-106.
13. Комарь Н.П. Изв. АН СССР. 1953. Серия физическая. Т.17. №6. С.675-680.
14. Комарь Н.П. Ж.физ.химии.1954. Т.28. №12. С.2142-2151.
15. Комарь Н.П. Учен. зап. Харьк. ун-та. 1957. Т.95. Тр. хим. ф-та и Ин-та химии. Т.18. С. 117-142

16. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия. 1986. С.261.
17. Комарь Н.П. Ж.аналит. химии. 1952. Т.7. №6. С.325-340
18. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. М.: Гос. изд. физ.- мат. лит. 1960. 430 с.
19. Doerffel K. Statistik in der analytischen Chemie. Leipzig: Deutsches Verlag fŕr Grundstoffindustrie. 1966. Русск. перевод последнего немецк. изд.: Д,рффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир. 1994. 262 с.
20. Комарь Н.П., Самойлов В.П. Ж. аналит. химии. 1963. Т.18. №11. С.1284-1290; 1969. Т.24. №8. С.1133-1137; 1969. Т.24. №12. С.1800-1809; 1971. Т.26. № 3. С.437-447; 1982.
21. Комарь Н.П., Самойлов В.П., Залкинд В.М., Степаненко И.А. Ж. аналит. химии. 1982. Т.37. №2. С.349-356.
22. Комарь Н.П., Самойлов В.П. Ж. аналит. химии. 1975. Т.30. №3. С.465-471.
23. Комарь Н.П. Заводская лаборатория. 1963. Т.29. №9. С.1052-1057; 1966. Т.32. №5. С.641-642.
24. Комарь Н.П. Изв. высш. учебн. завед. Химия и хим. технол. 1975. Т.18. №3. С.343-355.
25. Doerffel K. Fresenius' J. Anal. Chem. 1998. V.361. P.393-395.
26. Комарь Н.П. Ж. аналит.химии. 1978. Т.33. №11. С.2277-2279.
27. Комарь Н.П. Доповіді АН УРСР. Хімія. 1978. №2. С139-141.
28. Комарь Н.П., Козаченко О.Г. Ж. аналит. химии. 1978. Т.33. №10. С.2060-2062.
29. Комарь Н.П., Козаченко О.Г. Ж. аналит. химии. 1981. Т.36. №4. С.646-649.
30. Комарь Н.П., Вовк С.И., Васильева Т.В., Рубцов М.И. Изв. высш. учебн. завед. Химия и хим. технол. 1982. Т.25. №7. С.787-789.
31. Бугаевский А.А., Бланк А.Б., Кравченко М.С. № Вестник Харьковского национального университета. 2000. №477. Химия. Вып.5(28). С.54-61.
32. Комарь Н.П. В кн.: Очерки современной геохимии и аналитической химии. К 75-летию акад. А.П.Виноградова. М.: Наука. 1972. С.604-610.
33. Комарь Н.П. Ж. аналит. химии. 1975. Т.30. №3. С.421-442.
34. Комарь М.П., Вовк С.И., Васил'ева Т.В. Доповіді АН УРСР. 1976. Серія Б. Геол., хім. та біол. науки. №4. С.329-332.
35. Комарь Н.П., Кафтанов А.З. Ж. аналит.химии. 1971. Т.26. №11. С.2086-2089.
36. Комарь Н.П., Кафтанов А.З., Дунай Б.А. Электрохимия. 1972. Т.8. №8. С.1177-1179.
37. Комарь Н.П., Кафтанов А.З. Ж. физ. химии. 1973. Т.47. №3. С.643-646.
38. Комарь Н.П., Логинова Л.П. Ж. физ. химии. 1975. Т.49. №9. С.2434-2435.
39. Комарь Н.П., Гудим (Логинова) Л.П. Ж. физ. химии. 1976. Т.50. №9. С.2422-2424.
40. Комарь Н.П., Индык Л.И. Ж. физ. химии. 1976. Т.50. №3. С.680-683; №5. С.1324-1325.
41. Комарь Н.П., Логинова Л.П. Ж. физ. химии. 1977. Т.51. №4. С.965-966.
42. Комарь Н.П., Индык Л.И. Ж. физ. химии. 1977. Т.51. №6. С.1574; №11. С.2934-2935.
43. Комарь Н.П., Старченко А.В., Науменко В.А. Ж.аналит. химии. 1973. Т.28. №4. С.802-804.
44. Комарь Н.П., Егорова С.И. Вестн. Харьк. ун-та. 1975. №127. Химия. Вып.6. С.68-71.
45. Шараф М.А., Иллмен Д.Л., Ковальски Б.Р. Хемометрика. Л.: Химия. 1989. 270 с.
46. Н.П.Комарь. Сборник задач, упражнений и вопросов по курсу качественного анализа. Харьков: изд-во Харьк. ун-та. 1954. 224 с.
47. Комарь Н.П. Основы качественного химического анализа. 1. Ионные равновесия. Харьков: изд-во Харьк.ун-та. 1954. 224 с.
48. Siemiencow G. J. Chem Educ. 1960. V.37. №8. P.409-410.
49. Комарь Н.П. Химическая метрология. 1. Гомогенные ионные равновесия. Харьков: изд-во при Харьк. гос. ун-те изд. объединения «Вища школа». 1983. 208 с.
50. Комарь Н.П. Химическая метрология. 2. Гетерогенные ионные равновесия. Харьков: изд-во при Харьк. гос. ун-те изд. объединения «Вища школа». 1984. 208 с.
51. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л., Цветков А.А. Основы номенклатуры неорганических веществ. М.: Химия. 1983. 112 с.

А.Б.Бланк