

# ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

---

УДК 004.91:544

А. К. Болвако, ассистент (БГТУ);

Г. П. Дудчик, кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой (БГТУ)

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

В статье на примере преподавания физической химии в технологическом вузе обсуждается опыт применения электронных таблиц в образовательном процессе для математической, графической и статистической обработки результатов лабораторных работ с использованием специализированной базы данных, а также документирования результатов экспериментальных работ. Информатизация учебного процесса способствует продвижению прогрессивных методик обработки экспериментальных результатов и соответствует современным требованиям к подготовке инженеров-химиков-технологов.

The experience of electronic tables use in the education process has been discussed on the example of physical chemistry teaching. This work involves mathematical, graphical and statistical processing of the experiment data, using of the specialized data bases, analysis data documenting. Wide informatization of the education process promotes the progressive methods of experimental data processing and corresponds to modern requirements to chemical industrial engineers training.

**Введение.** К настоящему времени электронные таблицы как универсальный, удобный и достаточно простой инструмент выполнения инженерных расчетов нашли широкое применение в различных отраслях химии и смежных наук. С их помощью можно эффективно решать разнообразные научные и образовательные задачи, среди которых:

- определение порядка реакции графическим методом и методом подбора кинетического уравнения [1, 2];
- установление конечных точек титрования в инструментальных методах с использованием нелинейного регрессионного анализа [3];
- расчет значений pH растворов [4];
- определение констант кислотности  $K_a$  и силовых показателей кислот  $pK_a$  по данным потенциометрического титрования [4–6];
- расчет равновесных концентраций веществ и констант равновесия химических реакций [6, 7], в том числе по спектрофотометрическим данным [8];
- построение градуировочных графиков [9], решение расчетных задач [10] и др.

Для обработки экспериментальных результатов с помощью электронных таблиц могут быть применены различные математические и графические методы, такие как статистическая обработка данных с использованием встроенных функций, построение и анализ графиче-

ских зависимостей, регрессионный анализ и др. Электронные таблицы получили большое распространение и могут быть использованы широким кругом пользователей, не обладающих достаточными знаниями таких специализированных программных продуктов, как MathCAD, Matlab, Microcal Origin и т. п. За счет применения различных элементов графического интерфейса пользователя (Graphical user interface, GUI) может быть реализован удобный дружественный интерфейс получаемого программного продукта.

**Основная часть.** Практика использования электронных таблиц при организации учебного процесса в курсе физической химии не получила значительного распространения в классических учебниках и популярных учебных пособиях, издаваемых на русском языке, однако широкая компьютеризация современного химико-аналитического оборудования обуславливает необходимость знакомства студентов с данным способом представления и обработки экспериментальных результатов, получаемых во время конкретного химического эксперимента.

На кафедре физической и коллоидной химии БГТУ при проведении лабораторных занятий и выполнении индивидуальных расчетных заданий по дисциплинам «Физическая химия» и «Общая, неорганическая и физическая химия» (раздел «Физическая химия») используется

специализированное программное обеспечение (ПО), разработанное на основе электронных таблиц. В 2013/2014 учебном году такие занятия проводились со студентами факультета ХТиТ специальностей МиАХиСП, АТПиП, ХТНВМиИ, ТЭХП, ООСиРИПР (всего более 200 студентов), а также со студентами заочной формы обучения во время лабораторно-экзаменационной сессии.

Электронные таблицы при изучении курса физической химии нашли применение по следующему основному направлению.

*1. Математическая, графическая и статистическая обработка результатов лабораторных работ.* Для обработки результатов лабораторных работ нами разработано прикладное программное обеспечение «Практикум по физической химии». Оно реализовано с использованием электронных таблиц Microsoft Excel в виде одной книги и позволяет студентам проводить все необходимые виды обработки результатов лабораторных работ.

*2. Использование специализированной базы данных.* Существуют различные специализированные пакеты ПО, которые позволяют осуществлять сбор, накопление, анализ данных измерений и представление документации по проведенным измерениям, а также обеспечивают необходимую метрологическую составляющую результатов выполнения измерений (например, DControl, LabWare, LabArchives, Scilligence, ChemBytes и др.). Однако многие программные продукты являются весьма дорогостоящими, имеют высокие требования к квалификации пользователей и их внедрение и сопровождение связано со значительными трудозатратами. Исходя из этого, нами было принято решение о разработке приложения, позволяющего осуществлять сохранение полученных экспериментальных данных и результатов их обработки с помощью электронных таблиц Microsoft Excel в базе данных (БД) Microsoft Access.

Как известно, в электронных таблицах имеется возможность непосредственного обращения к доступным базам данных (БД) и механизмы выборки необходимой информации. Это является настолько важным, что для реализации работы с БД предусмотрено формирование запроса на языке SQL, фильтрация данных, а также использование специальных функций для работы с базами данных в ячейках электронных таблиц.

На кафедре разработана специальная база данных для сбора, накопления и анализа экспериментальных результатов, получаемых студентами во время прохождения практикумов, связь с которой реализуется с помощью DAO Object Library и VBA непосредственно из элек-

тронных таблиц Excel. При разработке БД были учтены вопросы устранения дублирования информации при хранении, обеспечения быстрого доступа к данным, целостности и достоверности информации и простоты работы с ней.

Сохранение результатов в базе данных предоставляет преподавателям и студентам дополнительные возможности работы с данными – от оперативного извлечения ранее полученных экспериментальных результатов до мониторинга выполнения практикума со стороны преподавателей, лектора, заведующего кафедрой. Мониторинг дает возможность лектору потока и заведующему кафедрой в течение семестра отслеживать и анализировать результаты выполнения практикума на большом массиве данных и, при необходимости, своевременно применять корректирующие действия, например, внеплановую проверку лабораторного оборудования и чистоты используемых реактивов (если обнаружены систематические промахи в экспериментальных результатах), изменения в методике выполнения работ и др.

В осеннем семестре 2013/2014 учебного года в базу данных было занесено около 400 записей по различным разделам лабораторного практикума. Распределение количества записей по величине достоверности аппроксимации (квадрату смешанной корреляции  $R^2$ ) градуировочных графиков, накопленных в БД, в обязательном порядке анализируется и обсуждается преподавателем и студентами. Значения  $R^2$ , имеющие величину менее 0,9, свидетельствуют о грубом промахе и поверхностном выполнении работы. В подобных случаях студент не задумывался о корректности полученных результатов, не проводил их критический анализ перед тем, как сформировать отчет для распечатки, по которому в дальнейшем должны быть рассчитаны результаты лабораторной работы. Следует отметить, что достаточно часто регистрировались значения  $R^2$ , очень близкие к 1, что свидетельствует о приобретении студентом навыков правильного выполнения эксперимента.

*3. Оценка неопределенности измерений.* Оценку неопределенности измерений по методике, рекомендованной руководством ЕВРАХИМ/СИТАК, можно провести с использованием еще одной разработки, выполненной на базе электронных таблиц. Она представляет собой электронный каталог имеющегося лабораторного оборудования и химической посуды с указанием паспортных значений абсолютных и относительных погрешностей соответствующих средств измерений. Из каталога студенту необходимо выбрать источники неопределенности в конкретной лабораторной работе, после чего проводится расчет суммарной стандартной

неопределенности с учетом выбранных компонентов бюджета неопределенности и расчет расширенной неопределенности при заданном коэффициенте охвата. Кроме того, происходит автоматическое формирование графического представления бюджета неопределенности в виде круговой диаграммы, отражающей примерную долю различных составляющих в нем.

*4. Формирование протоколов о выполненных лабораторных работах.* Использование электронных таблиц в учебном процессе позволяет выполнить не только обработку полученных результатов, но и их документирование – вывести на печать полученные данные в табличной или графической формах. В связи с этим все кафедральные программные разработки предполагают автоматическое формирование унифицированных протоколов о выполненных лабораторных работах. Протоколы в обязательном порядке включают фамилию исполнителя, название лабораторной работы, дату и время ее проведения, описание полученных экспериментальных данных и результатов их обработки.

При этом кафедра предъявляет к студенческим протоколам анализа требования, приближенные к требованиям общепринятых международных стандартов. В практику работы вошло обязательное указание на всех градуировочных графиках уравнения прямой линии, полученного методом наименьших квадратов, и квадрата смешанной корреляции, а также представление бюджета неопределенности для выполненных измерений.

Таким образом, применение электронных таблиц позволяет унифицировать формирование отчетов о выполненных лабораторных работах, представлять графические данные в современном виде, а также проводить эффективную обработку любого массива данных. Такой подход дает возможность осуществлять проведение экспериментальных работ по физической химии на качественно новом уровне и соответствует современным требованиям к подготовке инженеров-химиков-технологов.

*5. Решение индивидуальных расчетных задач.* Для решения индивидуальных заданий по разделу «Химическая кинетика» курса физической химии нами разработаны методические рекомендации, позволяющие студентам выполнить достаточно большой объем вычислений с использованием электронных таблиц. При этом студентам требуется осуществить критический анализ экспериментальных данных и на основании проведенных расчетов верно установить порядок реакции, а также самостоятельно указать размерности всех использованных в расчетах величин. Это позволяет познакомить сту-

дентов с современными методами обработки результатов реального химического эксперимента, но в то же время не снижает методической ценности выполняемых индивидуальных расчетов, так как несмотря на полученные результаты, всю проделанную работу требуется обязательно защитить при сдаче коллоквиума по соответствующему разделу.

Как показывает опыт применения электронных таблиц при изучении физической химии, подавляющее большинство студентов активно использует их для анализа и презентации данных, при этом многие из них впервые сталкиваются с обработкой данных реального химического эксперимента с помощью компьютера.

В учебных планах всех специальностей отводится достаточное количество часов на освоение навыков использования программных продуктов для практических целей, однако большинство студентов не знает, как проводить обработку данных при помощи электронных таблиц. Такой эффект отмечается многими авторами, поэтому в современных условиях возникает необходимость в широком использовании компьютерной обработки данных при изучении естественнонаучных дисциплин. Кроме того, в настоящее время существует ряд программных продуктов на основе электронных таблиц (надстройки и внешнее/стороннее ПО), с которыми могут работать пользователи любого уровня подготовки, поэтому применение такого ПО может способствовать продвижению прогрессивных методик обработки экспериментальных результатов.

**Заключение.** Электронные таблицы используются на кафедре физической и коллоидной химии при выполнении лабораторных работ по разделам «Термохимия», «Химическое равновесие», «Электропроводность растворов электролитов», «Химическая кинетика» курса физической химии.

Применение данной компьютерной технологии привлекательно по ряду причин.

Во-первых, существенно сокращается доля учебного времени, отводимого на обработку экспериментальных данных и корректное представление результатов. У преподавателя появляются возможности для более рационального использования учебного времени и дополнительные ресурсы для индивидуальной работы со студентом на лабораторном занятии.

Во-вторых, классические лабораторные работы в практикуме по физической химии, выполняемые с применением компьютерных методик, актуализируются, получают «вторую жизнь» и, в ряде случаев, новые возможности для постановки преподавателем дополнительных целей и задач.

В-третьих, повышается уровень предоставляемых преподавателю данных: отчетов по лабораторным работам, графических зависимостей и других материалов, что является безусловным шагом вперед на пути знакомства студентов с современными формами и преимуществами применения компьютерной обработки данных при изучении реальных физико-химических процессов. При этом следует постоянно обращать внимание студентов на то, что на компьютере можно смоделировать и рассчитать практически все, но чтобы стать инженером, необходимо иметь дело с реальностью и научиться думать так, как думают инженеры – реальными техническими категориями. И поэтому самое современное программное обеспечение служит реальному, а не виртуальному миру и не отменяет законы природы.

И, наконец, отметим еще один момент, который является далеко не очевидным и, по этой причине, не часто упоминаемым, несмотря на его важность в контексте обсуждаемой проблемы. При каждодневной учебной работе со студентами педагогу необходимо учитывать постоянно действующую, обусловленную нашей психической природой потребность в познании, которая ведет свое происхождение от универсальной потребности всего живого в информации. Каждый человек изначально предрасположен к тому, чтобы познавать новое. Если говорить о компьютере, – это именно тот объект, который не только хорошо знаком современной молодежи, это не только ее повседневная жизнь, воздух, которым она дышит, но и средство для доступа к огромному потоку информации, позволяющее открывать в себе все новые и новые возможности для изучения мира. Новизна в самом широком смысле этого понятия всегда притягательна и привлекательна, поэтому познание нового сопровождается положительными эмоциями, которые усиливают потенциальное стремление учащихся к учебной деятельности. Задача преподавателя заключается в том, чтобы придать этой потенциальной активности необходимую направленность или мотивацию. Работа с компьютером в химиче-

ской лаборатории – хороший способ формирования и закрепления у студентов устойчивой мотивации к получению знаний.

### Литература

1. Анисова Т. Л., Салпагаров С. И. Решение задач физической химии с помощью программы MS Excel // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 417–423.
2. Denton P. Analysis of first-order kinetics using Microsoft Excel solver // J. Chem. Educ. 2000. Vol. 77. P. 1524–1525.
3. Kupka K., Meloun M. Data analysis in the chemical laboratory II. The end-point estimation in instrumental titrations by nonlinear regression // Analytica Chimica Acta. 2001. Vol. 429. P. 171–183.
4. Burnett J., Burns W. A. Using a spreadsheet to fit experimental pH titration data to a theoretical expression: estimation of analyte concentration and  $K_a$  // J. Chem. Educ. 2006. Vol. 83. P. 1190–1193.
5. Kraft A. The determination of the  $pK_a$  of multiprotic, weak acids by analyzing potentiometric acid-base titration data with difference plots // J. Chem. Educ. 2003. Vol. 80. P. 554–559.
6. Maleki N., Haghghi B., Safavi A. Evaluation of formation constants, molar absorptivities of metal complexes and protonation constants of acids by nonlinear curve fitting using Microsoft Excel solver and user-defined function // Microchemical Journal. 1999. Vol. 62. P. 229–236.
7. Raviolo A. Using a spreadsheet scroll bar to solve equilibrium concentrations // J. Chem. Educ. 2012. Vol. 89. P. 1411–1415.
8. Gilani A. G., Moghadama M., Zakerhamidi M. S. Dimeric spectra analysis in Microsoft Excel: a comparative study // Computer methods and programs in biomedicine. 2011. Vol. 104. P. 175–181.
9. Melucci D. Manual data processing in analytical chemistry: linear calibration // J. Chem. Educ. 2008. Vol. 85. P. 1346.
10. Бельчик Е. Е., Ваглина Л. П., Смирнов Е. И. Использование электронных таблиц Excel для решения расчетных задач по химии // Ярославский педагогический вестник. 2010. Т. 2, № 4. С. 77–82.

Поступила 02.04.2014