

ИЗ ИСТОРИИ ХИМИИ

ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСТВО А. А. ЯКОВКИНА

(К 15-летию со дня смерти)

П. И. Старосельский (Москва)

Виднейший советский химик Александр Александрович Яковкин родился 13 ноября 1860 г. в Соликамском уезде Пермской губернии.

Выйдя из бедной крестьянской семьи, А. А. не имел возможности учиться в гимназии. Только благодаря своей исключительной настойчивости и трудолюбию он сумел в двадцатилетнем возрасте сдать в Перми экстерном экзамен за полный гимназический курс и получить столь желанный аттестат зрелости. В том же году А. А. уезжает в Москву и поступает на отделение естественных наук физико-математического факультета Московского университета.

Еще в студенческие годы он опубликовал в журнале Русского физико-химического общества две научные работы. Одна из этих работ, касавшаяся химического состава кавказской нефти, была выполнена по предложению и под руководством нашего известного ученого В. В. Марковникова, который обратил внимание на прекрасные способности и экспериментальное искусство начинающего химика.

Марковников решает оставить Яковкина в университете в качестве своего ассистента. Это было тем более лестно для А. А., что его учитель славился своей требовательностью и строгостью. Но этим планам не суждено было осуществиться. За связь с революционными организациями А. А. был арестован, а после освобождения ему было запрещено на известный срок служить в государственных учреждениях. По этой причине А. А. после окончания университета в 1884 г. вынужден был в течение шести лет работать на частных текстильных предприятиях в городах Шуе и Иваново-Вознесенске. Здесь он занимал должность сначала химика, а затем колориста.

Работа в промышленности сыграла большую роль в жизни А. А. так как расширила его кругозор и познакомила его со многими техническими проблемами. Если из университета он вышел широко образованным химиком, то в результате работы в промышленности он приобрел большую эрудицию в специальных вопросах технологии. Однако чисто практическая работа на ситценабивных фабриках не удовлетворяла А. А.; его влекла научная, исследовательская деятельность. В 1890 г. он решился на серьезный шаг: имея уже на руках семью, он оставил работу колориста, которая вполне его обеспечивала в материальном отношении, и перешел в Московский университет на должность сверхштатного лаборанта «без оплаты от казны».

В 1892 г. А. А. после сдачи в Московском университете экзамена на ученую степень магистра химии был утвержден приват-доцентом и начал чтение лекций по курсу химии, красящих веществ. Одновременно он организовал, по поручению Общества для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности, химическую лабораторию, которая под его руководством стала настоящим научно-исследовательским учреждением. В этой лаборатории А. А. выполнил важную для хлопчатобумажной промышленности работу «О способах определения достоинства индиго», который в те времена являлся одним из основных текстильных красителей. В эти же годы (1892—1895) А. А. занимался изучением вопроса о загрязнении Москва-реки и об очистке фабричных сточных вод, спускаемых в Москва-реку. Эти исследования имели большое значение, так как давали ценный материал для суждения о санитарном состоянии Москва-реки.

В 1895 г. А. А. защитил в Московском университете магистерскую диссертацию на тему: «Распределение веществ между двумя растворителями в применении к изучению явлений химической статистики».

В своей магистерской диссертации А. А. подробно исследовал один из интересных вопросов общей химии — о распределении вещества между двумя несмешивающимися растворителями. В сжатой и ясной форме он дал следующее представление о сущности данного вопроса: «В практике химиков издавна был известен метод извлечения вещества из раствора при помощи другого растворителя, не смешивающегося с первым... Тот факт, что для полного извлечения веществ необходима повторная обработка раствора несмешивающимся растворителем, указывает, что извлечение веществ не бывает полным с одного раза, что для извлекаемого вещества наступает равновесие,

в силу которого каждый растворитель является как бы насыщенным данным веществом и не способным отнимать его от другого растворителя далее некоторого предела; короче говоря, вещество распределяется между двумя несмешивающимися растворителями¹.

До исследований А. А. считали, что распределение вещества между двумя растворителями происходит пропорционально его растворимости в каждом из них. Каждая система (растворитель А — распределяемое вещество — растворитель В) характеризовалась своим коэффициентом распределения K при данной температуре, который показывал отношение концентраций распределяемого вещества в обоих растворителях.

Например, при температуре 25° в 1 л воды растворяется 0,3387 г иода, а в 1 л бромойорма — 189,55 г; следовательно:

$$K = \frac{\text{конц. } J_2 \text{ в бромойорме}}{\text{конц. } J_2 \text{ в воде}} = \frac{189,55}{0,3387} = 559.$$

На основании этого закон распределения формулировался следующим образом: отношение между концентрациями распределяемого вещества является постоянной величиной, независимо от концентраций его в обеих фазах.

Приступая к экспериментальному определению коэффициентов распределения для различных систем, А. А. отметил, что «до сих пор наиболее постоянным считался коэффициент распределения иода между H_2O и CS_2 при 18°, как можно видеть из исследований Бертелло и Юнгфлейша¹. Действительно, исследования этих авторов считались классическими и приводились в учебниках как экспериментальное доказательство закона распределения вещества между двумя несмешивающимися растворителями. Однако уже в самом начале изучения проблемы А. А. обнаружил, что его опыты не подтверждают ни независимости коэффициента распределения иода между H_2O и CS_2 от концентрации, ни вообще числовых данных Бертелло и Юнгфлейша.

Постоянство коэффициента распределения не было найдено и в других случаях, например при распределении иода между водой и бромойормом. В зависимости от исходной концентрации иода коэффициент распределения колебался от 429,3 до 527,6 (вместо $K = \text{const} = 559$).

В своей магистерской диссертации А. А. не только установил непостоянство коэффициента распределения, но и объяснил причину этого явления: «Если бы молекулярное состояние вещества в обоих растворителях было одинаково, то коэффициент распределения был бы постоянен при всех концентрациях и равен отношению величин растворимости. Но в растворах $CHBr_3$, CS_2 и даже CCl_4 иод содержит некоторое количество двойных молекул, постепенно увеличивающееся с повышением концентрации¹.

Подобное различие молекулярного состояния иода в воде (молекулы J_2) и в указанных органических растворителях (молекулы J_4) и является причиной непостоянства коэффициента распределения.

Исходя из своих исследований, А. А. пришел к следующему обобщающему выводу:

«Постоянство коэффициента распределения наблюдается лишь в том случае, если молекулярный вес вещества при переходе из одной фазы в другую не изменяется¹.

Дальнейшее теоретическое и экспериментальное исследование вопроса показало, что «если в одной из фаз вещество состоит только из простых молекул, а в другой — из двойных, то отношение квадрата концентрации первой фазы к концентрации второй фазы постоянно¹ (т. е. квадрата концентрации распределяемого вещества в первой фазе к концентрации во второй фазе — П.С.):

$$\frac{c_1^2}{c_2} = \text{const},$$

где c_1 — концентрация вещества в первой фазе; c_2 — концентрация вещества во второй фазе.

Если же двойные молекулы распределяемого вещества подвергаются частичной диссоциации (например $J_4 \rightleftharpoons 2J_2$), то постоянство отношения c_1^2/c_2 не сохраняется.

А. А. установил также, что непостоянство коэффициента распределения связано с тем, что распределяемое вещество химически взаимодействует с одним из растворителей.

А. А. не ограничился изучением распределения вещества между чистыми несмешивающимися растворителями. Целую серию опытов он посвятил исследованию распределения галоидов (иода, брома) между органическими растворителями (CS_2 , CCl_4) и водными растворами различных минеральных солей (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $NaNO_3$). Эти опыты показали, что величина коэффициента распределения зависит от концентрации раствора электролита¹.

В качестве примера рассмотрим распределение брома между раствором K_2SO_4 и CCl_4 (температура 25°) при различной нормальности электролита.

Если принять коэффициент распределения брома между чистой водой и CCl_4 равным единице, то относительные коэффициенты распределения брома между раствором K_2SO_4 и CCl_4 будут меняться, в зависимости от концентрации раствора, в следующих пределах:

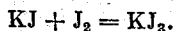
Нормальность раствора K_2SO_4	Относительный коэффициент распределения
$\frac{1}{16}$	0,9841
$\frac{1}{8}$	0,9694
$\frac{1}{4}$	0,9315
$\frac{1}{2}$	0,8647
1	0,7506

Таким образом, при малых концентрациях электролита его присутствие почти не оказывает влияния на коэффициент распределения. Но по мере увеличения концентрации соли величина относительного коэффициента распределения заметно уменьшается.

В своей магистерской диссертации А. А. посвятил специальный раздел полигалогидным соединениям металлов и их состоянию в водном растворе. Этот вопрос имел уже в то время свою историю, как видно из следующих слов Яковкина: «необычайность факта, что, йод, столь мале растворимый в воде, весьма легко растворяется в водном растворе иодистого калия, занимает умы химиков в течение 30 с лишком лет»¹.

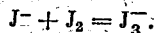
Обстоятельное изучение этого вопроса привело А. А. к следующим капитальным выводам:

1. Йод не просто растворяется в водном растворе иодистого калия, а вступает с ним в химическое взаимодействие с образованием полигалогидного соединения:



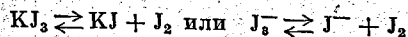
2. «По теории электролитической диссоциации, в достаточно разбавленных растворах молекула галогидного металла распадается на ионы; поэтому явление присоединения молекул галогена должно зависеть только от свойств галогидного иона, с каким бы металлом он ни был соединен»¹.

Это наглядно отражается следующим ионным уравнением:



Таким образом, группа J_3 является самостоятельным одновалентным ионом. Поэтому и металл в трехгалогидных соединениях одновалентен.

3. Процесс образования полигалогидного соединения обратим и поэтому галоген частично находится в свободном состоянии. Это доказывается тем, что из водного раствора трииодида калия сероуглерод (или иной растворитель) извлекает свободный йод, который находится там в готовом виде, как продукт диссоциации KJ_3 :



4. Наименее диссоциированными в разбавленных растворах оказываются трехиодистые металлы (LiJ_3 , NaJ_3 , KJ_3); затем следуют трехбромистый калий KBr_3 и $KBrJ_2$. Наиболее диссоциированы $NaClJ_2$, $KClJ_2$ и $KClBr_2$.

5. Углубляя свои исследования, А. А. поставил весьма важный для теории растворов вопрос о том, существуют ли в растворе полигалогидных металлов при всех их концентрациях только соединения трехгалогидного типа или же при высших концентрациях галогена возможно образование высших полигалогидных соединений (MeJ_5 , MeJ_7 и т. д.).

На основании экспериментального материала А. А. пришел к заключению, что «образование высших полигалогидных соединений в крепких растворах и одновременное существование их с трехгалогидными соединениями являются несомненными. Если в крепком растворе существует соединение KJ_5 , то, по закону активных масс, оно должно существовать и в разбавленных растворах (хотя бы в ничтожном количестве), коль скоро существуют продукты его диссоциации: KJ_3 и J_2 ; поэтому KJ_5 должен существовать и в том случае, когда йода недостаточно даже для образования KJ_3 »¹.

А. А. интересовался также вопросом о влиянии среды на равновесие в растворах полигалогидных соединений. В связи с этим он исследовал вопрос о том, каким образом в водном растворе KJ_3 и KBr_3 примесь посторонних солей, химически не действующих ни на растворенную соль, ни на галогид, влияет на процесс диссоциации трехгалогидного металла, и пришел к следующему выводу:

«Результат получился вполне определенный, именно, что присутствие посторонней соли изменяет... константу диссоциации и тем сильнее, чем больше прибавлено посторонней соли. При слабых же концентрациях влияние незначительно и разница уже ложится в пределы ошибок метода»¹.

Следующие экспериментальные данные иллюстрируют этот вывод (см. таблицу).

Диссоциация KJ_3 в присутствии $NaNO_3$ при 25°
($KJ_3 \rightleftharpoons KJ + J_2$)

Концентрация $NaNO_3(N)$	Коэффициент распределения иода между раствором $NaNO_3$ и сероуглеродом	Константа диссоциации $K \cdot 10^4$
$\frac{1}{8}$	645	1374
$\frac{1}{4}$	657	1385
$\frac{1}{2}$	681	1435
1	732	1457

Таким образом, уже в то время А. А. учитывал влияние суммарной концентрации электролита на активность каждого ионного компонента, в частности на активность иона J_3^- . В связи с этим им были найдены также и различные величины коэффициента распределения в зависимости от концентрации прибавленного электролита.

Магистерская диссертация А. А. явилась ценным вкладом в науку и была высоко оценена учеными.

Глубокая и разносторонняя эрудиция, которую А. А. обнаружил в своих исследовательских работах, создала ему репутацию крупного ученого и в 1896 г. он был приглашен Петербургским технологическим институтом на должность адъюнкт-профессора по кафедре химии, которую он возглавлял в течение 40 лет вплоть до последних дней своей жизни. В Технологическом институте А. А. бессменно читал лекции по курсу неорганической химии.

В некоторые же годы ему приходилось параллельно читать курс органической, а также и физической химии.

Хотя лекции А. А. и не отличались внешним блеском, но они производили на молодую аудиторию сильное впечатление глубиной своего содержания и прекрасной постановкой лекционных демонстраций.

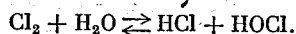
Исходя из девиза Д. И. Менделеева: «Цель науки — предвидение и польза», А. А. в своем лекционном курсе неорганической химии неразрывно связывал теорию с практикой, приводил примеры из области техники. Он с исключительной полнотой и ясностью показывал, как открытия теоретической химии непосредственно влияют на развитие химической промышленности. Он считал, что каждый инженер должен двигать вперед науку, совершенствовать технологический процесс, должен быть новатором, изобретателем. В этом направлении он воспитывал на своих лекциях учащуюся молодежь, будущих инженеров-химиков.

В 1907 г. им был опубликован труд «Основные законы и понятия химии» (2-е переработанное издание вышло в 1923 г.), который явился ценным учебным пособием для многих поколений студентов.

Педагогическая деятельность А. А. не ограничивалась Технологическим институтом. Он читал лекции по общей и физической химии на Высших женских курсах вплоть до 1918 г., когда курсы были слиты с университетом. А. А. в течение нескольких лет продолжал чтение лекций в Петроградском университете.

Одновременно он занимался напряженной научно-исследовательской работой, результатом которой явилась его докторская диссертация: «О гидролизе хлора», которую он защитил в 1899 г. в Московском университете.

Докторская диссертация А. А. представляет собой полное и всестороннее исследование вопроса о состоянии и поведении хлора в водной среде. Хотя этот вопрос в течение более полувека был предметом изучения многих иностранных ученых (Гей-Люссака, Балара, Шенбейна и др.), он все же остался неразрешенным². Исчерпывающее освещение этой сложнейшей проблемы было впервые дано русским ученым А. А. Яковкиным в его классическом сочинении³. Изучая отношение хлора к воде, А. А. показал, что хлор не ограничивается только образованием при определенных условиях гидрата хлора $Cl_2 \cdot 8H_2O$. Он установил, что при обычной температуре (а также при 0°) хлор подвергается обратимому гидролизу с образованием соляной и хлорноватистой кислот:



Эта равновесная система была подвергнута тщательному изучению как с качественной, так и с количественной стороны, причем А. А. в своем исследовании применял наиболее совершенные физико-химические методы. Он указывал, что, по его мнению, «чисто химические методы едва ли способны решить вопрос о том, находится ли в водном растворе хлор, как таковой, или же он диссоциирован (хотя бы отчасти) на соляную и хлорноватистую кислоты. Многие реакции образования хлорноватистой кислоты намекают, что хлор с водой отчасти гидролизует, но ни одна из этих реакций недокзательна. Наиболее доказательными для существования гидролиза хлора являются физико-химические методы»³.

Для изучения гидролиза хлора А. А. привлек самые разнообразные методы физико-химического исследования, например метод изучения распределения хлора

между двумя несмешивающимися растворителями (вода и четыреххлористый углерод), метод поглощения газообразного хлора водными растворами, динамический метод определения упругости хлора, криоскопические измерения, метод электропроводности. Все методы, которыми он пользовался при изучении гидролиза хлора, приводили к одинаковому результату.

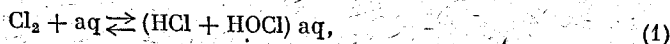
В своей диссертации А. А. удалось окончательно выяснить фундаментальный вопрос — о состоянии хлора в воде. Самый факт гидролиза был им доказан не только косвенным путем — изучением распределения хлора, электропроводности и т. п., но и прямым отделением продуктов гидролиза хлора друг от друга: соляной кислоты от хлорноватистой. Одновременно А. А. убедительно доказал, что гидролиз хлора происходит не только на свету, но и в темноте.

После качественного исследования гидролиза хлора А. А. перешел к изучению количественной стороны этого явления. Он определил степень гидролиза хлора в зависимости от его концентрации и температуры. Так, например, при концентрации хлора 54,1 миллимоль/л степень гидролиза составляет 0,323 (при 0°). В очень разбавленном растворе (концентрация хлора 4,178 миллимоль/л) она достигает 0,914, т. е. гидролитическое равновесие сильно смещается вправо³. С повышением температуры гидролиз хлора также заметно усиливается.

А. А. стремился в своей докторской диссертации не только исследовать частную, хотя и весьма сложную, проблему (гидролиз хлора), но и проверить на конкретном материале основные идеи теории электролитической диссоциации, которая в то время подвергалась критике со стороны многих авторитетных ученых. Он писал: «Количественное исследование гидролиза хлора имеет весьма важное значение, так как оно позволяет подвергнуть фактическому контролю теорию электролитической диссоциации... И опыты, предпринятые мной, по моему мнению, дадут возможность или совершенно отбросить новые воззрения, если опыты не будут согласны с ними, или же еще более укрепить их в случае подтверждения»³.

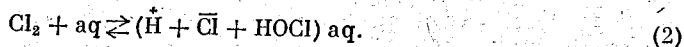
А. А. Яковкин рассматривал процесс гидролиза хлора в различных аспектах.

1. С точки зрения старых взглядов на природу растворов электролитов, гидролиз хлора должен выражаться следующим уравнением:



где aq означает неопределенное количество воды. Продуктами гидролиза хлора являются молекулы соляной и хлорноватистой кислот. Значит, только прибавление этих веществ будет понижать степень гидролиза и смещать равновесие влево.

Теория электролитической диссоциации учит, что соляная кислота, в отличие от хлорноватистой, является сильной. Поэтому продуктами гидролиза хлора будут молекулы хлорноватистой кислоты, ионы водорода и ионы хлора, что видно из следующего уравнения:



По этой причине понижение степени гидролиза хлора может быть вызвано не только прибавлением соляной и хлорноватистой кислот, но также и прибавлением ионов водорода или хлора. Следовательно:

а) прибавление хлоридов, например KCl , NaCl , BaCl_2 и других, по старым взглядам не может изменить степень гидролиза хлора, так как концентрация соляной кислоты от этого не изменится (если только данная соль не образует с соляной кислотой двойного соединения).

По теории же электролитической диссоциации прибавление хлорида означает введение в раствор ионов хлора, которые будут подавлять гидролиз в соответствии с их концентрацией.

б) С точки зрения прежних взглядов какое-либо влияние на гидролитическое равновесие хлора прибавления кислот как сильных (хороших проводников тока), так и слабых — отрицалось. Теория электролитической диссоциации, наоборот, указывает на то, что, прибавляя сильные кислоты, мы тем самым вводим ионы водорода, которые, аналогично ионам хлора, будут оказывать депрессирующее воздействие на гидролиз хлора. Кислоты же слабые, почти не подвергающиеся ионизации, не могут вызвать смещения гидролитического равновесия хлора.

2. С точки зрения представлений прибавление хлорноватистой кислоты должно давать такой же эффект в отношении воздействия на гидролиз хлора, как прибавление эквивалентного количества соляной кислоты [см. уравнение гидролиза (1)]. Однако по теории электролитической диссоциации прибавление хлорноватистой кислоты равносильно прибавлению ионов водорода или ионов хлора. Прибавляя же сильную соляную кислоту, мы тем самым одновременно вводим ионы водорода и ионы хлора [см. уравнение гидролиза (2)]. Поэтому депрессирующее воздействие на гидролиз хлора соляной кислоты должно быть значительно большим, чем хлорноватистой.

3. Теория электролитической диссоциации считает, что прибавление нормальных солей, не содержащих ионов хлора, например KNO_3 , Na_2SO_4 , KClO_3 и т. п., не должно оказывать какого-либо влияния на гидролиз хлора, так как в растворе будут находиться ионы H^+ , Cl^- , K^+ , NO_3^- и т. д., которые не реагируют друг с другом.

По прежним же взглядам прибавление такой соли, как KNO_3 , повлечет за собой взаимодействие между ней и HCl , зависящее от концентрации KNO_3 и от относительной жадности азотной и соляной кислот. Вследствие этого гидролитическое равновесие будет смещено вправо и степень гидролиза заметно увеличится по сравнению с гидролизом в чистой воде.

Мы констатируем, что во всех рассмотренных пунктах старые и новые воззрения приводят к противоположным выводам.

4. Это различие выступает еще рельефнее, если к обратимому процессу гидролиза хлора применить закон действующих масс.

Обозначим через C — количество негидролизованного хлора (в миллимолях на литр), через A — общее количество титруемого хлора, через $A - C$ — количество продуктов гидролиза и через K — константу гидролиза. По старым воззрениям константа гидролиза будет иметь следующее значение:

$$K = \frac{[\text{HCl}][\text{HOCl}]}{[\text{Cl}_2]} = \frac{(A - C)^2}{C}. \quad (1)$$

По теории же электролитической диссоциации константа гидролиза будет характеризоваться другим значением:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{Cl}^-][\text{HOCl}]}{[\text{Cl}_2]} = \frac{(A - C)^3}{C}. \quad (2)$$

Таким образом, по старым взглядам, к процессу гидролиза хлора нужно применить «квадратную формулу» (1), тогда как теория электролитической диссоциации требует применения «кубической формулы» (2). Различие это весьма значительное.

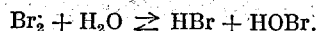
Отметив, что закон действующих (активных) масс и раньше неоднократно применялся к растворам электролитов, А. А. подчеркивает, что «особый интерес изученного явления, по сравнению с другими, заключается в том, что ионы водорода и хлора, как продукты электролитической диссоциации, понижают степень гидролиза хлора одинаково с молекулой хлорноватистой кислоты, электролитически недиссоциированной; т. е. в деле применения закона активных масс явилось возможным сравнивать ионы с целыми молекулами, между тем, как в прежде изученных явлениях ионы сравнивались с ионами же»³.

Мы видим, какая всесторонняя программа экспериментального изучения гидролиза хлора была выполнена автором диссертации. А. А. Яковкин на основании всего опытного материала, изложенного им в докторской диссертации, пришел к следующим обобщающим заключениям: «Поставленные мной опыты гидролиза во всех случаях подтверждают теорию электролитической диссоциации... Ни один из произведенных мной опытов не противоречит теории электролитической диссоциации; со старыми же воззрениями на природу электролитических растворов все опыты находятся в явном и не объяснимом противоречии»³ (курсив наш. — П. С.). И далее: «Все это вместе с другими явлениями, изученными в последнее десятилетие, едва ли может оставить место сомнению в справедливости основных принципов теории электролитической диссоциации»³.

Вместе с тем, А. А. не закрывал глаза и на слабые стороны этой теории и указывал пути ее дальнейшего развития: «Правда, некоторые явления указывают, что эта теория не способна объяснить всех фактов из области растворов. Например, водные растворы солей и сильных кислот не следуют закону разбавления. Поэтому является необходимость в дополнении этой теории или установлении более широкой теории, которая относилась бы к прежней, как целое к своей части. Едва ли можно сомневаться, что основанием будущей теории послужит химическое взаимодействие растворенного тела с растворителем, а следствием ее — явление электролитической диссоциации»³.

В этом кратком резюме А. А. с исключительной прозорливостью наметил пути дальнейшего развития учения о растворах: сочетание гидратной теории Менделеева с основными воззрениями теории электролитической диссоциации.

В своей диссертации А. А. изучил также поведение брома в воде и установил, что гидролиз брома протекает аналогично гидролизу хлора, т. е.



Однако существенное отличие заключается в том, что гидролиз брома весьма незначителен по сравнению с гидролизом хлора.

Докторская диссертация А. А. Яковкина «О гидролизе хлора» принадлежит к числу тех классических работ, которые занимают почетное место в истории химии. Особенно надо подчеркнуть физико-химическое направление всего исследования. Еще в конце прошлого века А. А. предвидел ту громадную роль, которую сыграет физическая химия в развитии естествознания. Указывая на значительные успехи физической химии в конце XIX в., он писал:

«При столь быстром прогрессе можно надеяться, что в недалеком будущем физическая химия захватит все химические явления и что, таким образом, физика и химия

«сольются в одно стройное учение. Весьма возможно, что если не мы, то наши младшие братья будут счастливыми свидетелями этого момента, в высшей степени важного в истории развития науки»⁴.

Получив степень доктора химии, А. А. был избран ординарным профессором Петербургского технологического института, в котором широко развернулась его научная, педагогическая, методическая и организационная работа. Благодаря усилиям А. А. была построена новая химическая лаборатория и преподавание химии поставлено на высокий научно-методический уровень. Он ввел для студентов первого курса лабораторный практикум по неорганической химии, составив для него оригинальное учебное руководство. По инициативе А. А. в 1903 г. в учебный план химического факультета вводится новая дисциплина — физическая химия. С 1906 г. А. А. является неизменным председателем институтской квалификационной комиссии, присуждавшей выпускникам звание инженер-технолога-химика⁵.

В 1907 г. по инициативе А. А. в Технологическом институте были введены экспериментальные дипломные работы. С этого же года становятся обязательными специальные практикумы в химико-технологических лабораториях. К этому же времени относится введение специализации по отдельным отраслям химической технологии. Во всех этих крупных преобразованиях активнейшую роль играл А. А., который с 1914 г. стал деканом химического факультета.

Будучи человеком разносторонних интересов, А. А. глубоко интересовался экономическими проблемами. Подобно Менделееву, он был горячим сторонником развития русской промышленности и ее стремления к преодолению конкуренции иностранной промышленности.

В начале 900-х годов А. А. был ближайшим сотрудником Д. И. Менделеева в деле пересмотра таможенного тарифа. Позднее, во время первой мировой войны, А. А., возглавляя химическую секцию комиссии по новому пересмотру таможенного тарифа, всецело руководствовался заветами Менделеева об охране интересов отечественной промышленности.

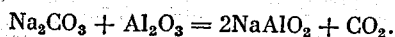
Большие заслуги имел А. А. в области патентного дела. В течение 37 лет он работал в Комитете по техническим делам, реорганизованном впоследствии при Советской власти в Комитет по изобретениям при Совете труда и обороны. Являясь в течение многих лет экспертом по определению новизны изобретений в области химической технологии, А. А. стал общепризнанным авторитетом в этой области⁶.

В 1919 г. А. А. принимал участие в организации Российского института прикладной химии (впоследствии Государственный институт прикладной химии — ГИПХ), с которым он был тесно связан до конца своей жизни. В 1922 г., в связи с двадцатипятилетним юбилеем, А. А. было присвоено звание почетного инженера-технолога, а в 1924 г. он был избран членом-корреспондентом Академии Наук СССР. В 1928 г. А. А. был удостоен звания заслуженного деятеля науки РСФСР и награжден орденом Трудового Красного Знамени.

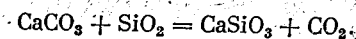
В 1929—1930 гг. Ленинградский технологический институт реорганизовался в химико-технологический институт и стал одной из основных кузниц инженерных кадров для бурно развивающейся химической промышленности. Эта реорганизация проходила при ближайшем участии А. А., который деятельно участвовал в разработке новых учебных планов и программ. В эти годы А. А. был одним из виднейших деятелей в области высшего химического образования в нашей стране.

В двадцатых и тридцатых годах А. А. занимался изучением многих технологических проблем, весьма важных для молодой социалистической индустрии. Он создал в Государственном институте прикладной химии мощный коллектив научных работников, который выполнял ряд ценных исследований. Особенное значение для нашего народного хозяйства имели разработанные под руководством А. А. способы получения окиси алюминия, не содержащей примесей кремния и железа, ибо только из чистой Al_2O_3 можно выплавить доброкачественный металлический алюминий.

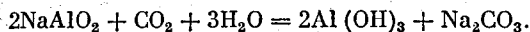
Окись алюминия получается из природного сырья, главным образом из бокситов. Однако наши тихвинские бокситы содержат значительную примесь кремнезема, что крайне затрудняло получение из них чистой Al_2O_3 . Американские специалисты признали тихвинские бокситы вообще не пригодными для производства алюминия⁷. В Государственном институте прикладной химии А. А. со своими сотрудниками в течение нескольких лет занимался изучением вопроса о возможности использования тихвинских бокситов в качестве сырья для алюминиевой промышленности. После напряженных поисков А. А. удалось преодолеть все затруднения и получить на опытном заводе высококачественную окись алюминия; им была разработана оригинальная методика спекания тихвинских бокситов с известняком и содой⁸. При спекании благодаря взаимодействию окиси алюминия с содой образуется хорошо растворимый в воде алюминат натрия:



Одновременно кремнезем, содержащийся в боксите, переходит в нерастворимый силикат кальция:



При выщелачивании продукта спекания силикат кальция, а также соединения железа, содержащиеся в виде примеси в боксите, остаются в осадке, а алюминат натрия переходит в раствор. Полученный раствор алюмината натрия освобождается от растворимых соединений кремния, затем через него пропускается CO_2 , который образуется при спекании боксита с содой и известняком. При этом осаждается гидрат окиси алюминия в чистом виде, почти совершенно свободный от примесей железа и кремния, а в растворе получается сода, которая после выпарки снова используется в производстве:



Образующийся таким образом гидрат окиси алюминия перерабатывается прокаливанием на безводную окись алюминия (глинозем).

На основании исследований А. А. Яковкина Совет Труда и Обороны постановил в августе 1929 г. построить Волховский глиноземный завод. В 1932 г. первенец алюминиевой промышленности выдал свою первую продукцию — высококачественный глинозем, который здесь же на Волховском комбинате перерабатывался на первосортный металлический алюминий.

Уже в 1934 г. глиноземный завод перекрыл свою проектную мощность. Получение алюминия высокого качества из сильно загрязненных тихвинских бокситов было крупным достижением советской науки и техники. С чувством законной патриотической гордости А. А. Яковкин писал по поводу этих достижений советской промышленности: «Весьма трудному и сложному производству глинозема нам пришлось учиться с азбуки без существенной помощи иностранных специалистов...

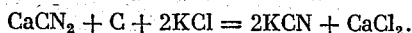
Если наше социалистическое строительство могло разработать самостоятельно производство глинозема и из него алюминия, то этот успех служит гарантией того, что оно самостоятельно справится со всякими другими производствами, хотя бы весьма сложными»⁷.

В своей работе по внедрению в промышленность разработанных им методов получения глинозема А. А. неизменно пользовался поддержкой ленинградской партийной организации и лично С. М. Кирова.

Углубляя и расширяя свои изыскания, А. А. перешел к изучению вопроса о получении чистой окиси алюминия, пригодной для выплавки металла, из такого распространенного и доступного сырья, как глины. В последние годы своей жизни ему удалось осуществить получение Al_2O_3 из глины в ползаводском масштабе⁸.

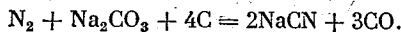
Из других работ, выполненных А. А. в Государственном институте прикладной химии, важное значение имеет синтез цианидов, которые находят в технике различное применение (главным образом, в металлургии золота). А. А. исследовал два метода получения этих соединений:

а) нагревание цианамида кальция с углем и хлористым калием (или хлористым натрием):



В присутствии незначительного количества катализатора (нитрид магния или алюминия) выход цианистого металла заметно увеличивается⁹;

б) взаимодействие атмосферного азота, соды (или поташа) и угля при высокой температуре:



Катализатором является металлическое железо в виде порошка¹⁰. Этот метод был детально разработан в лаборатории и затем проверен на опытной заводской установке.

А. А. являлся инициатором ряда работ ГИПХа, которые имели целью разрешение вопроса о наиболее экономичном способе обезвреживания мрамбилита.

А. А. предложил интересные способы обезвреживания $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ путем обработки этой соли метиловым или этиловым спиртом¹¹. Впоследствии вместо спирта он рекомендовал применять аммиак¹².

А. А. является автором ряда очерков техно-экономического и научно-популярного характера, например: «О промышленном значении Карабугаза», «Об утилизации атмосферного азота», «Алюминий из глины» и др.

В 1931—1933 гг. А. А. выпустил «Учебник общей химии», который на протяжении нескольких лет выдержал три издания. Учебник Яковкина отличается глубиной теоретических обобщений. Описательный материал неорганической химии изложен в неразрывной связи с химической технологией. Громадная эрудиция автора видна на каждой странице этого труда.

А. А. оставил сравнительно небольшое литературное наследство (около 40 печатных работ). Это, в известной степени, связано с тем, что многие исследовательские работы, выполненные под его непосредственным руководством студентами, аспирантами и научными сотрудниками, печатались только от имени исполнителей. Это объясняется скромностью и щепетильностью А. А. Вообще исключительная скромность была отличительной чертой характера А. А. Яковкина. Однако Д. И. Менделеев

еще в начале 900-х годов правильно оценил А. А. как одного из талантливейших русских химиков².

После революции А. А. отдал весь свой богатый опыт педагога и ученого служению Советскому государству. Он был активным участником строительства социалистической промышленности Советского Союза. Особенно велики его заслуги в деле создания отечественной алюминиевой промышленности. Он был в нашей стране основоположником научно-исследовательских работ по получению глинозема из различных видов природного сырья (бокситы, глина).

А. А. пользовался большим уважением и авторитетом в широких кругах химической общественности. Русское физико-химическое общество неоднократно избирало его своим президентом.

До последних дней своей жизни он оставался на своем посту. А. А. Яковкин скончался от воспаления легких 22 ноября 1936 г. на 76-м году своей жизни.

В связи со смертью А. А., Президиум Академии Наук СССР писал:

«Президиум Академии Наук СССР выражает свою глубокую скорбь по поводу внезапной кончины своего члена-корреспондента профессора Александра Александровича Яковкина, последовавшей накануне избрания его почетным академиком, предполагавшегося на декабрьской сессии. Имя Яковкина навеки связано с изучением полиоидов, хлорноватистой кислоты и других основных вопросов общей химии. В развитии советской химической технологии ему принадлежит разработка способов получения алюминия из наших бокситов... В лице профессора Яковкина страна потеряла крупнейшего ученого и педагога, воспитавшего ряд поколений инженеров-химиков.

Академия Наук выражает уверенность, что многочисленные ученики Александра Александровича окажутся достойными своего учителя».

Имя профессора А. А. Яковкина — ученого, педагога, патриота — займет видное место в истории отечественной науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Яковкин, Распределение веществ между двумя растворителями в применении к изучению явлений химической статистики, М., 1895.— 2. А. Е. Порай-Кошниц, ЖОХ, 1937, 7, 2040.— 3. А. А. Яковкин, О гидролизе хлора, СПб, 1898.— 4. А. А. Яковкин, Задачи физической химии, СПб, 1899.— 5. И. С. Лилеев, М. С. Платонов, ЖПХ, 1937, 10, 967.— 6. И. С. Лилеев, Получение окиси алюминия из тихвинских бокситов по способу ГИПХ, ОНТИ, Химтеорет., Л., 1936.— 7. А. А. Яковкин, Природа, 1934, № 3, 8.— 8. А. А. Яковкин, Природа, 1936, № 12, 30.— 9. А. А. Яковкин, Н. А. Флейшер, Труды ГИПХ, 1927, вып. 5, 3.
10. Труды ГИПХ, 1927, вып. 7, 13.— 11. А. А. Яковкин, Труды Рос. ин-та прикл. хим., 1925, вып. 3, 11.— 12. Труды ГИПХ, 1927, вып. 7, 17.