

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский.*

**А. С. Ключевич,
Г. В. Быков**

**Александр Михайлович
ЗАЙЦЕВ**

1841—1910



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1980

К 52 Ключевич А. С., Быков Г. В. Александр Михайлович Зайцев (1841—1910). — М.: Наука, 1980, 175 с.

А. М. Зайцев — ученик А. М. Бутлерова, выдающийся химик-органик, около 40 лет возглавлял кафедру органической химии в Казанском университете. Из его школы вышли Е. Е. Вагнер, С. Н. Реформатский, А. Е. Арбузов и другие видные русские химики.

Предлагаемая книга является первой монографией об А. М. Зайцеве. Написанная на основе большого числа ранее неизвестных архивных материалов и литературных источников, она добавляет много нового к имеющимся сведениям о жизни, педагогической и научной деятельности ученого.

18.3

Ответственный редактор
доктор химических наук
В. М. ПОТАПОВ

От авторов

Казанская школа химиков — уникальное явление в истории русской науки. Труды казанских химиков получили мировое признание еще в первой половине XIX в., а ее представители во второй половине XIX в. занимали кафедры во всех университетах России и во многих других учебных заведениях. Одним из виднейших представителей этой школы был Александр Михайлович Зайцев, возглавлявший около 40 лет, более, чем кто-либо из его предшественников, кафедру химии в Казанском университете.

Биография Александра Михайловича Зайцева — одного из виднейших русских химиков-органиков знаменитой бутлеровской школы — бедна внешними событиями и во многом оставалась недосказанной как им самим, так и теми, кто писал о нем. Первым, казалось бы, должен был восполнить пробелы особо близкий к А. М. Зайцеву ученик его А. Н. Реформатский (правда, с 1889 г. живший в Москве); опубликовав в 1910 г. некролог [1], он стал писать обстоятельную биографию своего учителя для «Журнала Русского физико-химического общества». В ней сказано, что автор «добывал» сведения в Казанском университете, получил их также от двух братьев покойного, от его сына и от казанских профессоров. Была использована и рукопись некролога, подготовленного его братом, С. Н. Реформатским [2]. И все же, по словам биографа, «к великому сожалению, не удалось собрать никаких сведений ни о детских, ни о юношеских — гимназических годах жизни А[лександра] М[ихайловича]. Да и в Университете добытые нами сведения застают А. М. в 1862 году уже оканчивающим курс и увлеченным химией» [3, с. 859].

После такого утверждения никто уже не пытался серьезно изучить историю раннего периода жизни А. М. Зайцева, и были упущены многие возможности. Не исключено, впрочем, что все это соответствовало желаниям самого Александра Михайловича и его родных. Лишь после обстоятельной работы одного из авторов книги (А. С. Ключевича) в архивах Казани (фонд Казанского университета в Гос. архиве ТАССР и др.), а вто-

рого (Г. В. Быкова) [4] — в архивах Ленинграда (фонд Министерства народного просвещения в Центральном государственном историческом архиве и др.) стал возможным написание достоверной биографии А. М. Зайцева. Теперь можно показать, что он был главой целой династии Зайцевых-химиков, состоявшей из его братьев, сына и племянников, которых в литературе часто путают друг с другом и с А. М. Зайцевым вследствие близости тематики работ, а иногда и совпадения инициалов.

При написании настоящей биографии были использованы и новейшие публикации архивных материалов, в первую очередь писем А. М. Зайцева своему учителю и признанному лидеру русских химиков-органиков А. М. Бутлерову.

В свете общих требований к биографии ученого интересны следующие слова академика П. Л. Капицы: «После торжественного заседания, где выступили ученики Максвелла, делившиеся с нами воспоминаниями, Резерфорд спросил меня, как мне понравились доклады. Я ответил: «Доклады были очень интересны, но меня поразило, что все говорили о Максвелле только исключительно хорошее и представили его как бы в виде сахарного экстракта. А мне хотелось бы видеть Максвелла настоящим живым человеком, со всеми его человеческими чертами и недостатками, которые, конечно, есть у человека, как бы гениален он ни был» [5]. П. Л. Капица сказал это в 1966 г., выступая с воспоминаниями о своем учителе — Резерфорде. При этом он признался, что и для него «время поглотило все мелкие человеческие недостатки» Резерфорда.

В своей работе мы пытались представить А. М. Зайцева «настоящим живым человеком» в его связях и взаимоотношениях с окружающими. Отбрасывая мелкие недостатки, старались не «засахарить» образ ученого.

Настоящая книга состоит из двух частей. Часть I (Биография и педагогическая деятельность), а также раздел «Связь А. М. Зайцева с жировой промышленностью» написаны А. С. Ключевичем, часть II (Научная деятельность), а также раздел «Курс органической химии» — Г. В. Быковым. Библиография трудов А. М. Зайцева по химии, публикуемая в настоящей книге (составитель Г. В. Быков), уточнена и значительно пополнена по сравнению со списками его работ, опубликованными ранее.

Часть первая

Биография. Педагогическая деятельность

Глава 1

Детство, гимназия и университет

Есть указание, что предки А. М. Зайцева жили в Казани еще до завоевания ее Иваном Грозным [6]. Это позволяет предполагать, что они были торговыми людьми — посредниками в торговле Русского государства со странами Востока. Отец Александра — Михаил Саввич, бывший по записи 1841 г. купеческим сыном, а позднее купцом 2-й гильдии, являлся почетным потомственным гражданином. Он вел оптовую торговлю чаем и сахаром, и старшие сыновья его — Николай и Иван — также занимались торговлей [2, с. 858].

Примерно в 1838 г. Михаил Саввич овдовел и женился на Наталье Васильевне Ляпуновой. Брат ее, Михаил Васильевич, весьма успешно — со степенью кандидата* и серебряной медалью — закончил в 1839 г. Казанский университет, а с 1840 г. стал астрономом-наблюдателем (на правах адъюнкта**) в его обсерватории. С 1850 по 1855 г. он даже заведовал обсерваторией и руководил практическими занятиями студентов (при окладе экстраординарного профессора) [7]. В его домашней библиотеке было много книг не только по математике и астрономии, но и по философии, истории, этнографии, политической экономии и литературе [8].

* Степень кандидата присуждалась лицу, окончившему университетский курс с высокими оценками и с представлением небольшой «диссертации», т. е. дипломной работы (экспериментальной, теоретической, обзорно-статистической и т. п.). Остальным давалось звание действительного студента.

** Адъюнктом назывался помощник профессора, это была младшая ученая должность.

От второй жены Михаил Саввич имел трех сыновей: Константина*, Александра и Михаила. В 1847 г. Наталья Васильевна умерла от холеры, оставив мужу трех малолетних детей. Тогда Михаил Саввич вновь женился. Третья его супруга происходила из рода Доленго-Грабовских [9]. В семье М. С. Зайцева появились еще два сына: Павел и Алексей.

Мы видим, как рано остались на попечении мачехи дети Натальи Васильевны, в том числе шестилетний Александр. М. С. Зайцев хотел, чтобы его дети от второго брака пошли по торговой части. По словам С. Н. Реформатского, подобные намерения главы семьи «совершенно расходились с призванием молодого юноши: его влекли к себе науки» [3, с. 1]. Но М. В. Ляпунов сумел убедить М. С. Зайцева, что времена изменились и что дети должны получить хорошее образование. По крайней мере об Александре мы знаем, что Ляпунов при участии своих сестер готовил его к поступлению в гимназию.

IV—VII классы 2-й Казанской гимназии тех лет назывались специальными — в них готовили учащихся либо «на службу», либо «в университет». Первым преподавали в большом объеме законоведение, вторым — более трудный предмет, латинский язык, а также естествознание. Физика изучалась (всеми) в небольшом объеме, а химии вообще не было.

Казанский университет с большим трудом набирал юношей в студенты, и тех, кто имел в аттестате латынь, принимали без экзамена. Александр Зайцев учился в гимназии «на законоведа» и окончил ее, не стал медалистом [13]. Однако, перейдя в VII класс, он мог уже «заразиться» интересами своего старшего брата Константина, с успехом начавшего учиться на камеральном отделении юридического факультета университета. Решив последовать его примеру, Александр занялся латынью и с помощью Ляпунова одолел ее. С небольшим опозданием он сдал экзамен и 25 августа 1858 г. стал «камералистом». После этого в документах университета Констан-

* Год рождения не выяснен, в церковной книге [10] за 1841 г. записи о рождении Константина нет. Личные дела братьев Зайцевых в архиве Казанского университета не сохранились. Судя по формулярному списку [1, 12], предположительно год рождения К. М. Зайцева — 1840.

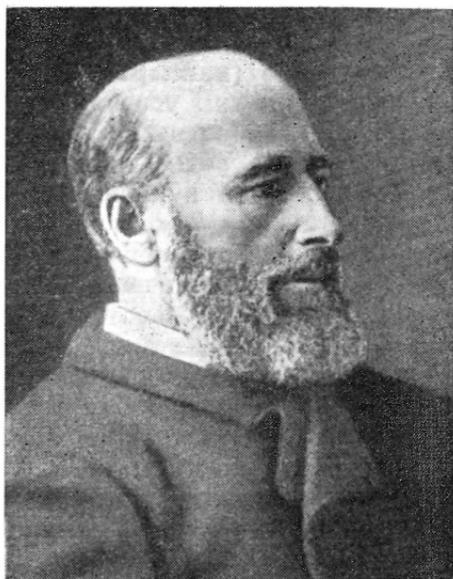
тина часто именовали Зайцевым 1-м, а Александра — Зайцевым 2-м.

Камеральное отделение (или «разряд») было образовано в 1845/46 учебном году. В условиях обострения процесса разложения феодально-крепостнических отношений возникла необходимость готовить в университетах из детей помещиков, заводчиков и купцов практических деятелей нового типа, а также чиновников для министерств финансов и государственного имущества. Камералистам читали русскую историю, политическую экономию, статистику, государственное, финансовое и уголовное право, механику, физику, технологию, химию, минералогию, ботанику. К этому привлекли лучших профессоров — И. К. Бабста (политическая экономия и статистика), М. Я. Киттары (технология), А. М. Бутлерова (химия), и на «камеральный разряд» поступали гораздо охотнее, чем на «естественный разряд» физико-математического факультета, выпускавший «чистых» химиков, зоологов и т. д. [14].

Была, однако, поставлена и преграда к превращению кандидата камеральных наук, например, в ученого-химика. Прежде чем держать экзамен на степень магистра, ему надлежало пройти испытание на степень кандидата естественных наук или же приобрести от зарубежного университета степень доктора философии (защитив там диссертацию) и просить российский университет о допущении в магистранты (т. е. готовящиеся к приобретению степени магистра).

К. М. Зайцев еще на I курсе стал работать при кафедре технологии и в 1858 г. опубликовал две статьи по вопросам текстильной промышленности. Затем он заинтересовался аналитической химией и лишь на IV курсе стал вести исследование у Бутлерова.

А. М. Зайцев сообщал о себе, что в университете «занимался с особенной любовью химией под руководством профессора А. М. Бутлерова» [7, с. 323]. Он вспоминал Бутлерова как «крайне гуманного и от всей души любившего молодежь наставника, успевшего не только возбудить интерес и увлечь своих слушателей, но и внушить им искреннюю любовь к своим занятиям» [15]. При всем том Бутлеров в 1861—1862 гг. не мог отметить никаких интересных для науки результатов А. М. Зайцева [16, с. 360]. А финал был таков, что Зайцев 2-й вновь отстал



А. М. Бутлеров

от Зайцева 1-го в том смысле, что был выпущен в июне 1862 г. [17] из университета со званием действительного студента*. Его право на степень кандидата было признано — это значит, что «средний вывод» (балл) по устным ответам и практическим работам был не ниже 4,5, а потому он располагал еще шестью месяцами для подачи диссертации. Но у него, очевидно, не было такого задела в работе, который позволил бы ему завершить диссертацию у Бутлерова. А без степени кандидата дальнейшего пути в науку в университете не было.

Почему все же талант Александра Михайловича, согреваемый любовью к химии, не раскрылся в студенческие годы? История науки знает немало примеров подобного «инкубационного периода». Но могло быть и другое. С. Н. Реформатский, касаясь последних лет учебы

* В автобиографическом материале 1901 г., на который в 1904 г. сослался Н. П. Загоскин [7, с. 323], почему-то сообщалось, что Зайцев окончил университет со степенью кандидата, и это нашло отражение в ряде публикаций [9, 18, 19, 20].

А. М. Зайцева в университете, упомянул, что «к этому времени отец его умер, торговое дело было ликвидировано и имущество поделено между членами многочисленной семьи» [3, с. 1]. Сколько времени это тянулось, в какой мере отвлекало Александра Зайцева от учебы, мы не знаем. Сложная по составу семья, очевидно, распалась, и каждый должен был устраивать жизнь по-своему. «Доброго гения» М. В. Ляпунова в Казани уже не было. Но призвание к химии вполне созрело и побуждало А. М. Зайцева идти вперед по избранному пути.

Глава 2

Преобразование в ученого

Как уже было сказано, А. М. Зайцев расстался с Казанским университетом, еще не имея степени кандидата. Так как он собирался стать ученым, то решил, что за рубежом сможет лучше подготовиться к этому и написать диссертацию. Работа у крупных западноевропейских ученых (и, как правило, не у одного) в их сравнительно хорошо оборудованных лабораториях широко практиковалась в те годы в среде русских химиков; особо успешно окончившие российские университеты зачастую направлялись туда, можно сказать, стажироваться на казенный счет. Так и Константин Зайцев, оставленный при университете, был немедленно послан за границу для совершенствования в химии, в основном аналитической. Больше всего он работал у Г. Кольбе в Марбурге [1, 2].

Александр Зайцев по возможности следовал его примеру. Командировки ему не полагалось, но средства, полученные по наследству, позволяли предпринять такую поездку. Выехав из России в июне 1862 г., А. М. Зайцев сразу направился в Лондон для обозрения бывшей тогда Всемирной выставки, а к ноябрю приехал в Германию и с начала нового семестра вступил в число студентов Марбургского университета (по-видимому, все же не на I курсе). Там он пробыл 4 семестра, с осени 1864 по апрель 1865 г. работал в Париже, а затем вновь один семестр в Марбурге [3]. Н. Д. Зелинский в 1910 г. сообщал,

что Александр Зайцев, «будучи учеником и последователем идей Бутлерова... явился в лаборатории Западной Европы с определенным химическим мировоззрением» [4]. На деле же молодой химик слушал лекции Кольбе, штудировал его учебник «Ausführliches Lehrbuch der Chemie» и более поздние статьи. Вскоре он вообразил, что уже способен написать диссертацию «Теоретические взгляды Кольбе на рациональную конституцию органических соединений и их связь с неорганическими».

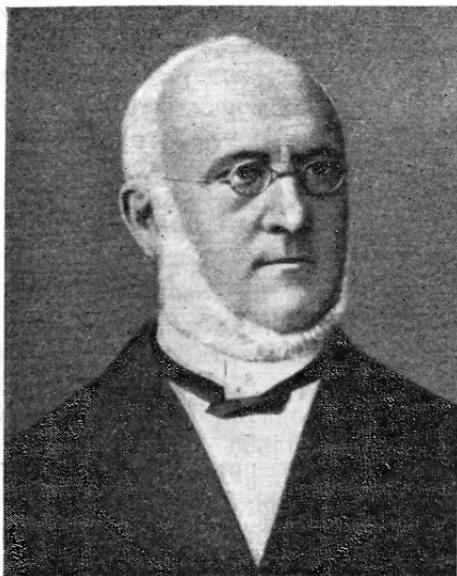
В феврале 1863 г. рукопись [5] поступила через деканат юридического факультета к Бутлерову. На обложке есть его надпись: «Читал А. Бутлеров и возвратил 16 апреля. Отзыв представлю особо». Расписались в прочтении также некоторые члены Совета факультета. Отзыв Бутлерова нам найти не удалось, но все ясно из нескольких десятков его пометок и замечаний на самой рукописи.

А. М. Зайцев был уверен, что учение Кольбе и его новые (1861) открытия «распространяют большой свет на начала химических соединений и доставляют фундаментальное доказательство справедливости взгляда Кольбе на рациональный состав...» ряда алифатических соединений. Он обещал «привести как можно более факты, подтверждающие справедливость какого-нибудь отдельного его (Кольбе) взгляда» [5, л. 17, с об.]. Пометки Бутлерова, зачастую необычно едкие, вскрывают ошибочность и бездоказательность многих утверждений Зайцева.

Как видно, Зайцев заранее не договорился с Бутлеровым о теме диссертации, о подходе к ее разработке. Он не сопоставил взгляды Кольбе и Бутлерова и даже в главле диссертации внес не удовлетворяющий этого последнего термин «конституция органических соединений». Поэтому и там, где Зайцев, коснувшись работы А. П. Бородина «Исследование химического строения гидробензамида и амарина» (1858), высказал мысль, что гидробензамид «есть истинный диамин, это, вероятно, происходит от положения его атомов» (5, л. 69 об.), Бутлеров лишь иронически отметил: «Ведь Кольбе отвергает возможность определения räumliche Lagerung* атомов».

Как могло случиться, что А. М. Зайцев к началу 1863 г. еще не знал всей глубины бутлеровского учения и написал работу во славу Кольбе? Анализируя канди-

* Räumliche Lagerung (нем.) — пространственное расположение.



Герман Кольбе

датскую диссертацию Марковникова, его биографы заключают, что к моменту ее подачи (7 октября 1860 г.) «Бутлеров еще не пришел к идеям химического строения» [6]. Могло быть так, что А. М. Зайцев прослушал курс его лекций в 1860 г., позднее их не посещал, не знал о знаменитом докладе Бутлерова в Шпейере 19 октября 1861 г. и об отразившей его статье [7], опубликованной в 1862 г. в Казани. Но это и приводит нас к мысли, что А. М. Зайцев тогда еще не был близким учеником Бутлерова и переоценил свои силы, взяв тему теоретического характера. Неудивительно поэтому, что Бутлеров забраковал его ученический опыт.

Следует сказать, что Бутлеров еще в 1862 г. указывал, что Кольбе «не может вполне освободиться от влияния идей... теперь уже устаревающих» [8], но не отрицал многих его заслуг.

А. М. Зайцев не покинул в 1863 г. Марбург. Он стал разрабатывать новую тему и в августе 1864 г. смог представить (прислать) в Казанский университет диссертацию «Диамидосалициловая кислота и некоторые ее

соединения с кислотами» [9]. Это всецело экспериментальная работа. Диссертанту удалось не все им намеченное, но Бутлеров был на этот раз вполне удовлетворен.

Отзыв А. М. Бутлерова исключал возражения, «коллоквиум» (собеседование по работе) сочли необязательным, и 24 сентября 1864 г. Совет факультета решил направить диссертацию в Совет университета с ходатайством об утверждении А. М. Зайцева в искомой степени [10]. Через месяц он был утвержден кандидатом наук; долгожданное событие совершилось.

Тем временем А. М. Зайцев переехал в Париж, где с августа 1864 г. стал работать в лаборатории Медицинской школы у профессора А. Вюрца. У него работал ранее и Бутлеров, и по ходатайству последнего Вюрц был в 1865 г. наряду с Кольбе избран почетным членом Казанского университета [11]. В мае 1865 г. Зайцев вернулся в Марбург, где закончил свою работу «О новом ряде органических сернистых соединений». Кольбе в том же году перешел на кафедру в Лейпциг, а А. М. Зайцев в сентябре вернулся в Казань. В 1865 г. вышли в свет в немецком химическом журнале три его статьи (и одна из работ была опубликована также во Франции), а последняя из зарубежных его работ — наиболее ценная — увидела свет в Германии в 1866 г.

В Казани А. М. Зайцев смог работать у Бутлерова только «в качестве частного лица», т. е. бесплатно (но также и без оплаты труда профессора, как это приходилось делать за рубежом). Бутлеров был в расцвете своего таланта, Зайцев уже творчески воспринимал его учение, и Бутлеров решил ввести его в состав своей кафедры. 27 сентября 1865 г. он адресовал юридическому факультету очень обстоятельное ходатайство [12] следующего содержания:

«Кандидат нашего Университета А. М. Зайцев (2-й), известный факультету с отличной стороны, провел за границей три года, занимаясь изучением химии в лучших лабораториях (Кольбе в Марбурге, Вюрца в Париже). Доказательством занятий Г[осподина] Зайцева служат его самостоятельные исследования, изложенные в журнале «Annal[en] d[er] Chem[ie] u[nd] Pharmacie», а также в Comptes rendus, Bulletin de la Société chimique de Paris в статьях Ueber die Diamidosalicylsäure, Ueber die Einwirkung von saurem Kali auf Monochloressigaether, Ueber eine neue Reihe

der organischen Schwefelverbindungen. Результаты, полученные Г. Зайцевым и заключающиеся в последней из названных статей, представляют в особенности значительный научный интерес.

Ныне Г. Зайцев, возвратившись сюда, желал бы продолжать свои научные занятия, но, употребив незначительные средства свои на проживание за границей, он поставлен в необходимость заботиться прежде всего о материальной обстановке. Так как не имеется в виду при Университете свободной штатной должности, заняв которую Г. Зайцев мог остаться верным избранной им науке, то ему предстоит необходимость отыскивать другой род деятельности, дающей материальное обеспечение, но отнимающей возможность занятий химией, для которых необходимы довольно значительные средства.

Считая долгом своим заботиться о том, чтоб лицо, заявившее себя в науке с таким успехом, как это сделал Г. Зайцев, было сохранено для нее, я решился просить ходатайства факультета относительно выдачи Г. Зайцеву пособия от Университета и представляю по этому поводу следующие соображения. — На просьбу об оставлении при Университете кандидата Г[осподина] Попова с выделением ему ежегодного содержания от Министерства Народного Просвещения Министерство отвечало отказом за неимением сумм в настоящее время, но едва ли можно сомневаться, что Министерство, как скоро будут в виду средства, не затруднится употребить некоторую часть их для оставления молодых людей при Университетах.

Между тем Г. Попов представлен мною к определению в должность Хранителя Музея с прикомандированием к химической лаборатории, и если, как я надеюсь, определение это состоится, то Г. Попов не будет нуждаться более в пособии от Министерства Народного Просвещения. Вместо Попова может быть таким образом рекомендован, при первой возможности, Г. Зайцев. Впредь же до этого времени кажется мне возможным ассигновать Г. Зайцеву пособие из специальных средств Университета *, примерно в размере содержания, получаемого Хранителями (музеев. — А. К.). В самом деле, не зависимо от того, что в нынешнем году, при большом числе поступивших в Университет, специальные средства возрастут — из средств этих должны еще сделаться свободными 900 руб., которые выделялись ежегодно г. Матвееву, Адамюку и Миодушевскому. Я полагаю, что, обходившись в продолжении двух лет без упомянутых 900 руб., Уни-

* Специальные средства складывались из денег, вносимых студентами за слушание лекций.

верситет не найдет невозможным пожертвовать еще на некоторое время частью этой суммы для того, чтобы дать возможность остаться на научном поприще лицу, которое уже зарекомендовало себя и само того желает.

Профессор химии А. Бутлеров».

Мы привели этот документ полностью, так как он еще никогда не публиковался и ярко характеризует, насколько высоко стал Бутлеров уже осенью 1865 г. ценить А. М. Зайцева.

Однако только в феврале 1866 г. появилась возможность ввести его в штат университета, и Бутлеров немедленно этим воспользовался. В представлении, адресованном физико-математическому факультету*, он писал: «Несколько месяцев тому назад я имел случай обратить внимание факультета на кандидата нашего университета А. М. Зайцева 2-го и просил об оставлении его при университете. Хотя г. Зайцев 2-й по своим успешным научным занятиям здесь и за границей, плодом которых было несколько самостоятельных исследований, и заслуживал вполне такого оставления, но недостаток денежных средств университета помешал осуществлению моего ходатайства. Так как по новому штату университету положено 6 лаборантов и только 3 из этих мест заняты ныне, а на 1866 год ассигновано полное жалованье по штату всем 6 лаборантам, то решаюсь ходатайствовать перед факультетом об определении г. Зайцева лаборантом, с назначением в этой должности к одной из университетских лабораторий, напр [имер] к агрономической. Этим определением г. Зайцеву 2-му будет доставлена возможность остаться верным научному поприщу, на которое он вступил с таким успехом, а университет удержит при себе молодого и достойного ученого» [11, с. 38]. Факультет, одобрив представление Бутлерова, направил соответствующее ходатайство в Совет университета, и 5 апреля 1866 г. состоялось назначение [14].

* С 1864/65 учебного года камеральное отделение было ликвидировано. Преподавание химических дисциплин было сконцентрировано на физико-математическом факультете [13].

Глава 3

От лаборанта до профессора

В апреле 1866 г. А. М. Зайцев стал в университете лаборантом, и успех его был более значительным, чем может показаться. Во-первых, лаборант того времени — это в современном понимании почти ассистент. Во-вторых, Бутлеров устроил его лаборантом *агрономической* лаборатории, тогда как соответствующая кафедра еще только числилась в штатном расписании — некому было ею заведовать*.

У факультета было, правда, намерение поручить молодому лаборанту А. М. Зайцеву ведение занятий по агрономической химии, но затем его, как это, несомненно, предвидел Бутлеров, всецело прикомандировали к химической лаборатории. Там он вел с 1867 г. обязательные уже для естественников и медиков занятия по качественному (неорганическому) анализу (заменив в этом К. М. Зайцева) [2] и продолжал исследовать органические сернистые соединения.

Высокая оценка его трудов Бутлеровым позволяла думать и о достижении степени магистра химии. Но А. М. Зайцев был кандидатом камеральных наук, и эту трудность могла устранить только степень доктора философии зарубежного университета. Зайцев послал в Лейпцигский университет в качестве диссертации свою статью, опубликованную в Германии в 1866 г., и ему благодаря поддержке Кольбе заочно присвоили искомую степень [3].

В начале 1866 г. Бутлеров вошел в Совет университета с обширным донесением [3, с. 40—43], в котором ясно дал понять, что он считает необоснованными всякие сомнения в том, «могут ли кандидаты камеральных наук Казанского университета считаться достаточно подготовленными для того, чтобы сделаться учеными-химиками и приобретать ученые степени по этой науке...». На примере случившегося с А. М. Зайцевым он отмечал несправедливость положения, при котором этот последний «по

* С осени 1868 г. нашли только преподавателя для курса агрономической химии (но не заведующего кафедрой). Им стал приват-доцент Г. И. Рудинский, одно время работавший в лаборатории А. М. Бутлерова [1].

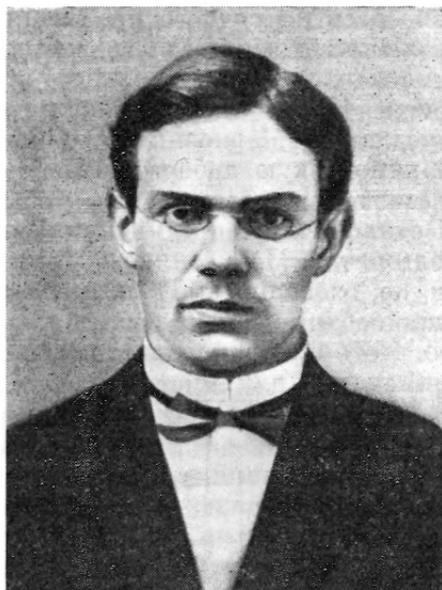
обстоятельствам, не находящимся в связи с его знаниями и учеными трудами, легко мог бы быть и лишен возможности получить степень доктора в иностранном университете)*. Однако и теперь «право г. Зайцева 2-го поставлено в зависимость от усмотрения факультета...».

Далее Бутлеров счел нужным сообщить Совету университета, что «г. А. Зайцев 2-й окончил курс в 1862 году и, еще не представив диссертации на степень кандидата, отправился за границу на собственный счет, без пособия со стороны университета. Там он провел около 3-х лет, посвящая время, по собственному желанию, усовершенствованию по части химии и химическим исследованиям в лабораториях Kolbe и Вюрца.

Результаты его работ во время пребывания за границей изложены в следующих напечатанных статьях: 1) о диамидосалициловой кислоте, 2) о действии цианокислого калия на однохлороуксусный эфир, 3) об окисях тиоэфиров, представляющих новый род сернистых органических соединений. По первому из этих трудов г. А. Зайцев 2-й приобрел степень кандидата в Казанском университете, а последняя работа удостоена Лейпцигским университетом степени доктора. Возвратясь в Казань, он в прошлом и текущем академических годах продолжал в химической лаборатории свои исследования над сернистыми соединениями и пришел к открытию окиси сернистого мэфила [метила] и ее основных свойств, а также к открытию мэфилсульфона и окиси сернистого эфила [этила], не достававших для полного параллелизма ряда мэфильных сернистых соединений с эфильными. Результаты эти, вместе с описаниями некоторых других опытов, изложены г. Зайцевым 2-м в особой статье и заметке, которые печатаются в настоящее время в Ученых Записках Казанского университета. В текущем академическом году г. Зайцев 2-й, руководя в химической лаборатории аналитическими занятиями студентов, доказал успешностью этого руководства способности свои как руководителя». Завершая свое донесение, Бутлеров отметил, что «пример г. г. Морковникова** и А. Зайцева до-

* После присвоения А. М. Зайцеву степени доктора в Германии стали предъявлять более жесткие требования к диссертациям.

** При поступлении в университет, по паспорту, он был именно Морковниковым, позднее добился исправления на «Марковников». Бутлеров не всегда об этом помнил.



А. М. Зайцев (1867)

казывает на деле возможность для кандидата камеральных наук сделаться хорошим химиком, с успехом разрабатывающим науку», а в заключение сказал, что Зайцев 1-й смог сам получить разрешение сдавать экзамены на степень магистра химии, теперь «представилось бы справедливым и возможным то изъятие, которое сделано для Зайцева 1-го, распространить на г. Зайцева 2-го...». Решение было дано.

В мае 1868 г. Бутлеров был избран профессором Петербургского университета, министр дал согласие на его перевод в октябре, а переехал он в Петербург лишь в январе 1869 г. А. М. Зайцев объяснял эту задержку тем, что «по ходатайству факультета и Совета Казанского университета А[лександр] М[ихайлович] был оставлен в Казани до 31 декабря для окончания начатого им в первое полугодие курса» [4]. Но известно также, что попечитель Казанского учебного округа просил министерство о такой отсрочке, чтобы Бутлеров «мог спокойно передать кафедру и лабораторию в Казани своему преемнику Марковникову» [5]. Марковников уже отвечал за кафедру

химии в течение десятимесячного пребывания Бутлерова за границей и частично замещал его, когда тот, вернувшись, ограничился чтением специального курса. Однако только 19 ноября 1868 г. декан факультета Больцани официально предложил Марковникову принять от лаборанта Ломана химическую лабораторию [6]. Весьма вероятно, что хотели выиграть время, чтобы не сделать Марковникова единоличным преемником Бутлерова.

Научный авторитет Марковникова был уже неоспорим и признан, но, очевидно, имелись соображения и другого рода. Общий объем работы был для него очень велик, тем более что он готовил докторскую диссертацию. Еще большее значение для многих членов Совета университета (а на факультете — его декана) имели прогрессивные взгляды Марковникова и его характер. Биографы не скрывают, что Марковников «был остер и резок на язык, что при его вспыльчивой и увлекающейся натуре приводило не раз к ненужным столкновениям» [7]. Признано также, что в оценки им отдельных личностей «вносится иногда много субъективного и к ним следует относиться критически» [8]. Бутлеров знал это — он называл Марковникова то «спорщиком», то «большим спорщиком» [8, с. 226, 263], так что в целом многое препятствовало замещению Бутлерова одним Марковниковым [9].

Серьезно мог рассматриваться вопрос о выдающемся ученике Бутлерова А. Н. Попове, которого Бутлеров прочил к подготовке в магистры, когда он еще не закончил университет. Кандидатская диссертация Попова «По поводу средства углеродного пая» (1865) имела большое научное значение и была высоко оценена Бутлеровым. Попова назначили хранителем музея [3, с. 38, 48], а через год он стал лаборантом фармацевтической лаборатории на медицинском факультете. Завершая магистерскую диссертацию на кафедре химии под руководством Марковникова, он мог рассчитывать на его поддержку. Но Попов был болезненным человеком с трудным характером.

Был, наконец, А. М. Зайцев, к которому Марковников не очень благоволил, но именно на него ориентировались Бутлеров и факультет, он должен был стать магистром химии до отъезда своего учителя. Магистерская диссертация была завершена А. М. Зайцевым в начале (или

в первой половине) 1867 г. В отзыве, написанном совместно Бутлеровым и Марковниковым, читаем: «Вообще опыты г. Зайцева отличаются точностью, а результаты — определенностью. Все это приводит нас к заключению, что труд его, как самостоятельное исследование, заслуживает полное одобрение» [3, с. 51]. 21 октября 1868 г. А. М. Зайцев успешно защитил диссертацию, а 21 декабря был утвержден магистром химии [2, с. 42], хотя, вопреки требованию Устава университетов, не прочел двух пробных лекций.

Бутлеров довел, таким образом, перед отъездом дело до благополучного конца. 4 января 1869 г. он сообщал декану факультета Больцани: «... считаю Зайцева могущим с честью занять место преподавателя в Университете. Между молодыми русскими химиками, еще не имеющими преподавательских должностей, А. М. Зайцев занимает, по сделанным им работам, одно из первых мест; в его знаниях и любви к делу я не раз имел случай убедиться из наших разговоров и одновременных занятий в лаборатории. Жалею, что не могу ничего сказать о способности Зайцева излагать предмет, так как ему не случалось еще читать лекций, но считаю необходимым засвидетельствовать, что А. М. Зайцев с большим умением и терпением руководил, при моих глазах, аналитическими занятиями студентов назад тому два года.

От души желаю, чтобы Ф[акультет] приобрел в Зайцеве полезного преподавателя и ученого, искренно преданного своему делу. Что касается меня, то я не имею повода сомневаться ни в том, ни в другом» [3, с. 44].

Вслед за тем факультет адресовался к Совету университета: «Признавая г. Марковникова вполне достойным преподавателем, факультет тем не менее сознает, что такой обширный предмет, как химия, не может быть с достаточной полнотой преподаан одним лицом... Профессор Бутлеров обратил внимание факультета на г. Александра Зайцева... магистра химии, как на одного из достойнейших и преданных своей науке молодых людей...». Далее сказано, что поскольку он и факультету «известен с весьма хорошей стороны, как по своему магистерскому экзамену, так и по работам, им уже напечатанным», то факультет выражает надежду «приобрести в г. Зайцеве весьма дельного и трудолюбивого преподавателя...» [10].

Еще по уставу 1863 г. университету полагалось иметь

две кафедры химии. Вопрос о создании второй кафедры возникал не раз, но откладывался за отсутствием соответствующей кандидатуры (со степенью не ниже магистра). 7 февраля 1869 г. Совет университета избрал А. М. Зайцева доцентом именно по второй кафедре химии, причем избрал (редчайший случай!) единогласно (все 28 голосов «за») [12].

На обеих кафедрах химии магистры-доценты стали быстро продвигаться к высшим ученым степеням и званиям. Уже в апреле 1869 г. Марковников успешно защитил докторскую диссертацию «Материалы о взаимном влиянии атомов в химических соединениях». Несколько позднее (в октябре) он писал Бутлерову: «С отъездом Попова решительно не с кем потолковать. С Зайцевым вижу только перед его лекциями...» [8, с. 257]. Последнее отчасти объяснялось тем, что А. М. Зайцев работал в технологической лаборатории, расположенной в главном здании университета. Там он продолжал свои исследования и, как и Марковников, вел практикумы по качественному анализу и по органической химии. Практикантов у него было много (хотя и меньше, чем у Марковникова); «кроме студентов, занимались также посторонние лица, даже женщины» [2, с. 44]. (Сведений об этих последних, к сожалению, нет.)

А. М. Зайцев читал в «Бутлеровской» аудитории общий курс неорганической и органической химии. Хотя взаимоотношения его с Марковниковым, который читал специальный курс органической химии, были холодными, Александр Михайлович отнесся к его диссертации весьма доброжелательно.

Самой важной в ней, бесспорно, была заключительная часть. В ней автор изложил свои выводы по вопросу о зависимости между химическими свойствами и химическим строением органических соединений и представил их в виде положений фундаментального для теории значения. Характерно, что в отзыве Зайцева наиболее высоко была оценена именно эта часть диссертации, «как потому, что поднятый здесь вопрос еще никем не был так подробно разработан, так и по научному оригинальному изложению предмета, которое было сделано также с большим знанием дела». Проявляя прозорливость, Зайцев в заключение сказал, что «труд г. Марковникова представляет одно из лучших приобретений науки за послед-

нее время» [7, с. 40—41]. Второй отзыв дал Бутлеров. В мае 1869 г. Марковников стал экстраординарным, а весной 1870 г. ординарным профессором.

А. М. Зайцев 27 сентября 1870 г. защитил докторскую диссертацию. Основной отзыв дал Марковников [12], и это был отзыв «с подтекстом». Об авторе диссертации было снисходительно сказано, что он «с усиленным старанием» занялся экспериментальным разрешением вопроса о случае кажущегося неподтверждения теории химического строения.

Сдержанно звучала и одобрительная концовка отзыва. Все это могло насторожить членов Совета университета — почти всецело нехимиков. Но они знали мнение Бутлерова, равно как и характер Марковникова, и 7 ноября 1870 г. А. М. Зайцев был избран экстраординарным профессором [13] *. В 1871 г. на факультете появилась вакансия ординарного профессора (звание более почетное и дающее повышение оклада на 50%). Декан Болцани предложил кандидатуру А. М. Зайцева, указав на его ученые труды.

В Совете факультета голоса разделились поровну, причем Зайцев из деликатности не явился на заседание. В Совете университета он получил 19 «за» при 12 «против» и 6 ноября 1871 г. стал ординарным профессором [14].

А. М. Зайцеву недолго довелось преподавать химию одновременно и на равных правах с Марковниковым **. Разделяя негодование прогрессивной части профессуры против, как он писал, «самых темных и неподозволительных происков» [8, с. 267] большинства членов Совета

* В марте 1870 г. сам В. В. Марковников баллотировался в ординарные профессора и получил 23 голоса «за» и 9 «против», а Зайцев — соответственно 23 и 8. Совпадение вряд ли случайное, по-видимому, определенная группа членов Совета не считала и Зайцева «своим».

** В 1900 г., когда исполнилось 40 лет научной и педагогической деятельности последнего, А. М. Зайцев предложил избрать его почетным членом Казанского университета. В представлении, подписанном также остальными профессорами-химиками, был охарактеризован «длинный ряд блестящих исследований, доставивших их автору столь громкую известность, что можно смело утверждать, что не найдется никого, изучающего органическую химию, кому было бы неизвестно имя Марковникова» [15, с. 23, 60].

университета, Марковников (наряду с еще шестью профессорами) после увольнения профессора Лесгафта подал в отставку и 18 декабря 1871 г. был уволен*. А. М. Зайцеву пришлось принять на себя заведование химической лабораторией, а также чтение общего и специального курсов химии.

Завершая главу, приведем дальнейшие сведения о семье и родных ученого. Александр Михайлович был женат на Ольге Олимпиевне Шумовой, имел сына Николая и дочерей Ольгу и Наталью**. Николай Зайцев окончил университет в качестве химика, в 1890—1903 гг. опубликовал в «Журнале Русского физико-химического общества» 6 статей (последнюю из них — вместе с отцом). До революции ряд лет работал на заводе бр. Крестовниковых, а затем стал кустарем — варил «знаменитое зайцевское медицинское мыло» [17]. После его смерти личный архив А. М. Зайцева (кроме фотографий) полностью погиб***.

Мы уже говорили о Константине Зайцеве. С ноября 1863 г. он стал лаборантом технологической лаборатории и в 1867/68 учебном году вел практикум по количественному анализу. На основе работы, выполненной у Кольбе, он написал и защитил диссертацию *pro venia legendi***** «Исследование о новом изомере оксибензойной кислоты и об изомерии в органической химии вообще», с декабря 1863 г. был утвержден приват-доцентом и с 1864 г. начал читать курс аналитической химии студентам-естественникам, затем также камералистам и медикам. Получив разрешение сдавать магистерский экзамен, он не использовал его и забросил исследование оксибензойной кислоты. Бутлеров был недоволен К. М. Зайцевым [19, 20].

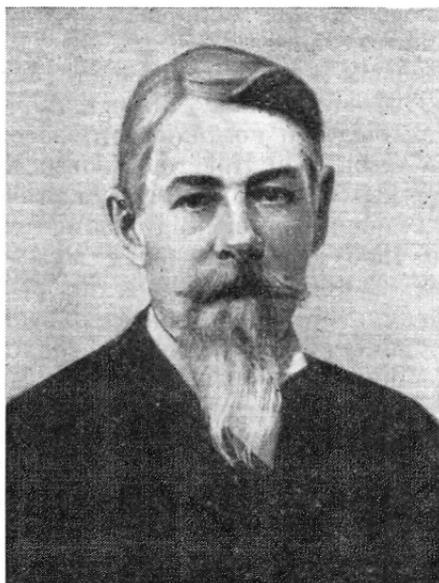
Приведем некоторые сведения и о других представителях большой семьи Зайцевых; это оправдано уже тем,

* Впоследствии и сам А. М. Зайцев оказался в оппозиции к реакционной части профессуры Казанского университета, лидерами которой были профессор Петров (главный противник Лесгафта) и Кремлев.

** Наталья была приемной дочерью А. М. Зайцева [16].

*** Недавно в печати появилось сообщение [18, с. 165], что архив А. М. Зайцева сохранился, но это не соответствует действительности.

**** *Pro venia legendi* (лат.) — на право чтения лекций.



К. М. Зайцев

что многие из них работали вместе с Александром Михайловичем, и не все авторы их различают.

Брат Александра Михайловича — Михаил — с 1860 по 1863 г. учился в Петербургском технологическом институте и с 1864 по 1867 г. — на естественном отделении физико-математического факультета Казанского университета, где он специализировался у Бутлерова [21, 22], после чего в 1870—1872 гг. работал 5 семестров у Кольбе*. Став в Лейпциге доктором философии, он в 1872 г. сдал в Казанском университете магистерский экзамен, с 1873 по 1878 г. был лаборантом фармацевтической лаборатории университета, а в 1878 г. «нужда заставила его перейти на завод» [21], где он стал помощником директора — своего брата Константина. В период с 1873 по 1878 г. М. М. Зайцев опубликовал в России 9 работ, частью совместно со старшими братьями. Диссертации он не написал, остался магистрантом. В уни-

* Однако есть сведения, что он работал у Кольбе еще в 1867 г. [8, с. 246].

верситете его называли Зайцевым 3-м, а позднее — М. М. Зайцевым-старшим.

М. М. Зайцевым-младшим называли его сына Михаила (1873—1919) — химика, ученика А. М. Зайцева и своего отца (он был его помощником, работая в лаборатории того же завода бр. Крестовниковых). В 1897 г. он стал сверхштатным лаборантом агрономического кабинета, в 1901 г. сдал магистерский экзамен и стал приват-доцентом, а с 1903 г. — хранителем музея лаборатории А. М. Зайцева. С 1902 по 1908 г. по разновременным поручениям факультета читал обязательные курсы («Углеродистые соединения металлов и металлоидов» и др.), временами и общий курс органической химии, вел практикум по количественному органическому анализу и руководил зачетными работами студентов-органиков. С 1909 г. он стал профессором в Новочеркасске [23, 24].

Павел Зайцев — брат А. М. Зайцева, ученик и соавтор нескольких его работ, также работал с 1879 г. на названном уже заводе. Мы должны здесь упомянуть еще одного брата Александра Михайловича — Алексея. Окончив в 1879 г. курс обучения на том же факультете, что и старшие братья, он специализировался по минералогии, причем изучал под руководством Александра Михайловича методы химического анализа минералов [25], был оставлен при университете, стал в 1887 г. доктором минералогии и геогнозии, а в 1888 г. — профессором Томского университета [24, с. 332]. Совпадение инициалов приводит иногда к тому, что не различают не только двух М. М. Зайцевых, но и двух А. М. Зайцевых.

Глава 4

Во главе казанских химиков

Когда в декабре 1871 г. А. М. Зайцев стал единственным преподавателем химии, ответственным за обе университетские кафедры, он оказался в очень трудном положении. А. Н. Попова в Казани уже не было, а на «двуединой» кафедре имелись только фармацевт Г. Ломан — очень хороший лаборант, которого, однако, нельзя

было привлечь к преподаванию, и исполняющий обязанности хранителя музея аптекарский помощник Г. Левин. Трудно было обеспечить преподавание органической химии, и некому было поручить чтение лекций и ведение занятий по неорганической и аналитической химии, так как в прошлом кафедра готовила только химиков-органиков. Из числа последних имелся, правда, в технологической лаборатории приват-доцент К. М. Зайцев, который в очень скромном объеме исполнял свои обязанности лаборанта, а в основном был занят на заводе бр. Крестовниковых.

Александра Михайловича такая ситуация явно тяготила. В 1876 г. он писал Бутлерову, что брат Константин только руководит занятиями по техническому анализу и не хочет уходить в отставку [1, с. 123]. Уволился Константин из университета («по болезни») в декабре 1878 г.

В 1872 г. А. М. Зайцев предпринял две попытки подыскать достойного заведующего вакантной (второй, как ее стали называть) кафедрой химии — приглашал из Петербурга профессора Н. А. Меншуткина, а затем магистра (подготовившего докторскую диссертацию) В. Ю. Рихтера, но оба отказались [2]. Тогда он предложил избрать Г. Н. Глинского. Это был крайне неудачный шаг. Глинский окончил университет по естественному разряду, причем на IV курсе был даже поощрен за успехи [3], а в 1867—1868 гг. вел исследования под руководством К. М. Зайцева. Бутлеров в очень осторожных выражениях одобрил его кандидатскую диссертацию и еще осторожнее рекомендовал его в хранители музея [4], что одобрил и Марковников [1, с. 241]. В 1872—1874 гг. Глинский преподавал медикам общую и аналитическую химию, сдал экзамен на магистра химии и опубликовал диссертацию «О радикалах в органической химии» (Казань, 1872) [2, 5]. В ней было много несогласующегося с теорией химического строения, путаного и неграмотного, но А. М. Зайцев вынужден был ее одобрить и после защиты представить автора в доценты по неорганической химии. В декабре 1872 г. Глинского утвердили и предоставили ему вторую кафедру химии [2, с. 44, 45].

Бутлеров, как оказалось, не допускал и мысли о подобном, но отзыв прислал с опозданием, а декану фа-

культета он написал, что сделать Глинского магистром — это был бы «некрасивый аттестат для удостоивающих» [4, с. 51, 52]. Когда Бутлеров узнал о совершившемся факте и опубликовал в газете уничтожающую рецензию на диссертацию Глинского [6], А. М. Зайцев написал ему, что не видел иного выхода из положения и имел все же надежду, что Глинский усовершенствуется, что кафедра ему предоставлена только на три года и т. п. [1, с. 123]. Этот срок прошел, но и к апрелю 1876 г. А. М. Зайцев не подыскал ему замену и сообщил факультету, что без Глинского «должно будет прекратиться преподавание... неорганической химии» [7]. Только теперь решено было объявить конкурс, оставив Глинского на год. Между тем в ноябре Глинский подал докторскую диссертацию «Новые исследования о продуктах оклорения хлористого этила и хлористого этилена и новые доказательства существования органических радикалов, у которых парное сродство принадлежит одному из углеродных атомов» [2, с. 45; 8]. В ее теоретической части автор оставался на своих прежних позициях. На этот раз А. М. Зайцев правильно оценил серьезность положения и написал беспощадно резкий отзыв, издав его также в виде оттисков [9].

Единственное, что Зайцев признал положительным в диссертации, он сформулировал так: «Исследованием об оклорении двух изомеров $C_2H_3Cl_3$ были добыты некоторые новые данные, позволяющие более строго определить строение этих изомеров». Еще было сказано: «Глинский домогается доказать существование неопредельных соединений с парным свободным сродством у одного углеродного атома, а не радикалов... желает ниспровергнуть... теоретическое представление, что ненасыщенные соединения в тесном смысле слова не существуют...» [2, с. 4—5]. Пожалев Глинского, факультет разрешил автору взять свою диссертацию обратно [10], а тот немедленно подал ее в Харьковский университет.

А. М. Зайцев был крайне расстроен. В письме к Бутлерову, признаваясь в своих просчетах, он просил дать совет и оказать содействие «в интересах дорогой всем нам, казанцам, казанской химической лаборатории» [1, с. 123].

Приняв в свое заведование кафедру, Александр Ми-

хайлович испытывал среди прочих и следующую трудность: университетский устав предусматривал преподавание будущим химикам и теоретической (по сути — физической) химии, но в Казани некому было поручить чтение этого курса. Осенью 1872 г. Бутлеров рекомендовал А. М. Зайцеву Ф. М. Флавицкого [11]. Он был кандидатом физико-химических наук, в 1870 г. работал в Петербурге у Бутлерова практикантом, а в 1871 г., сдав экзамен на степень магистра химии, стал профессорским стипендиатом. За эти годы он опубликовал несколько исследований, высоко оцененных Бутлеровым. В августе 1873 г. Зайцев предложил Флавицкому должность хранителя музея с обязательством вести также практические занятия и с перспективой чтения курса физической химии. Срочно защитив в Харьковском университете небольшую диссертацию *pro venia legendi* и прочитав две пробные лекции, Флавицкий стал приват-доцентом, в октябре 1873 г. был избран в Казанском университете хранителем химического музея, а в феврале 1874 г. стал читать физическую химию. Завершив в лаборатории Зайцева свое исследование амиленов, Флавицкий в марте 1875 г. стал магистром химии. На медицинском факультете имелась вакансия доцента по химии (с 1872 г.), и Флавицкий перешел в его штат, стал преподавать аналитическую химию (с основами неорганической).

Это было устроено самим Зайцевым. Медицинский факультет считал, что в I семестре следует преподавать химию аналитическую, а во втором — органическую и что все это можно возложить на А. М. Зайцева [12]. Последний же считал, что для освоения студентами его курса органической химии факультет должен предоставить предшествующей дисциплине весь год, имея своего квалифицированного доцента в лице Флавицкого.

Однако на эту кафедру был избран Г. Н. Глинский. А. М. Зайцев же, несмотря на то, что высоко оценивал труды Ф. М. Флавицкого, выдвигал кандидатуру Н. Н. Любавина [13—17].

Флавицкий вскоре продолжил начатое в Петербурге исследование гликолей. Он делился своими успехами с Бутлеровым (мало общаясь с Зайцевым), встретил большой интерес и намеревался представить к апрелю 1877 г. докторскую диссертацию, претендуя на вторую кафедру химии. Но Зайцев отклонил эту идею.

Флавицкий, начав с 1878 г. работать в очень трудной области — химии терпенов, научно контактируя с Бутлеровым, но не с Зайцевым, внес громадный вклад, высоко оцененный в России и за рубежом, и представил диссертацию. А. М. Зайцев и сам немного занимался вопросами строения терпенов, и высказанный им взгляд не совпадал с взглядом Флавицкого; однако Зайцев в своем отзыве проявил объективность и доброжелательность [18, 19]. В марте 1881 г. Флавицкий стал доктором химии, но остался доцентом. Неожиданно умер Глинский. Зайцев тотчас предложил избрать на вторую кафедру доктора химии Флавицкого. В мае 1884 г. Флавицкий стал экстраординарным профессором по второй кафедре химии.

Длительное общение с Бутлеровым и преподавание неорганической и аналитической химии расширяло кругозор Зайцева, привлекало его внимание к основным вопросам всех отраслей химии. Характерно его заявление физико-математическому факультету, сделанное в феврале 1874 г., когда Ф. М. Флавицкий стал хранителем музея. А. М. Зайцев писал: «Успехи физической химии за последнее время и та важная роль, которую предстоит играть этому отделу химии в успехах химии вообще, делает крайне желательным, чтобы этот предмет вошел в круг нашего факультетского преподавания» [20].

Примерно с 1879 г. ученик А. М. Зайцева И. И. Канонников занялся на его кафедре изучением оптических свойств органических соединений, т. е. стал развивать физико-химическую методику. А. М. Зайцев его в этом поддерживал, выделил средства на приобретение дорогого прибора и т. д. В ноябре 1882 г. А. М. Зайцев писал Бутлерову: «Между результатами наших работ особенно интересны результаты, добытые Канонниковым при исследовании светопреломляющей способности твердых органических соединений в растворах» [1, с. 131]. Сказано «наших», хотя Канонников числился на кафедре технической химии. В январе 1883 г. Зайцев вновь сообщил, что ожидает от развития этих работ «весьма много крайне интересных результатов» [1, с. 132]. Когда в конце 1883 г. Канонников представил одобренную Зайцевым докторскую диссертацию «О соотношении между составом и светопреломляющей способностью химических

соединений. Ч. 1. Органические соединения» (Казань, 1883), Флавицкий нашел в ней принципиальную систематическую ошибку и забраковал ее [21]. Тотчас после избрания на кафедру химии Флавицкого Канонников перешел в Московский университет. (А в октябре 1884 г. получил степень доктора химии от Петербургского университета.) Как видим, обеспечив профессором вторую кафедру химии, А. М. Зайцев понес урон на своей кафедре — возможности ее исследовательской работы были ослаблены.

Кто еще из виднейших учеников А. М. Зайцева работал в эти годы на его кафедре? С октября 1882 г. хранителем музея состоял С. Н. Реформатский, в январе 1884 г. он стал здесь же лаборантом кафедры, с 1889 г. он магистр химии и приват-доцент, преподает качественный анализ, с 1891 г. — доктор химии. Покидает Казань, будучи избран на кафедру химии Киевского университета. Хранителем музея с июня 1884 г. и по февраль 1896 г. был кандидат Казанского университета В. И. Диев [22, 2, с. 46—47], затем его сменил Е. И. Любарский [2, с. 47], много позднее ставший профессором органической химии.

Если С. Н. Реформатский и брат его А. Н. Реформатский приехали в Казань из Костромы, чтобы учиться здесь в университете у знаменитого А. М. Зайцева, то другой выдающийся его ученик, А. А. Альбицкий, сделал то же самое, имея уже степень кандидата.

В ноябре 1892 г. профессора А. М. Зайцев, Ф. М. Флавицкий и другие сообщали о нем: «А. А. Альбицкий окончил в 1882 г. С.-Петербургский университет со степенью кандидата и в том же году поступил вольнослушателем в наш (Казанский) университет, желая более основательно познакомиться с химией, с каковой целью и стал работать в лаборатории проф. А. М. Зайцева...» [23]. А. Е. Арбузов отмечает, что А. А. Альбицкий был «одним из ближайших помощников А. М. Зайцева, особенно по практическому органической химии и экспериментальным научным работам студентов» [24].

Оригинальные и глубоко интересовавшие А. М. Зайцева исследования стал выполнять А. А. Альбицкий в 90-х годах. Высоко оценивая их, советские ученые Б. Г. Равич и Г. Г. Цуринов подчеркнули: «Первые исследования полиморфизма высших жирных кислот были

выполнены в России в лаборатории проф. А. М. Зайцева. . .» [25]. Авторы признают, что эти работы явились (начиная с 1899 г.) значительным вкладом в развитие физико-химического (фазового) анализа органических систем.

В 1903 г. А. А. Альбицкий стал профессором органической химии в Харьковском университете. Еще в марте 1899 г. был оставлен при кафедре химии профессорским стипендиатом А. Н. Реформатский [2, с. 217], но и этот подававший надежды ученик А. М. Зайцева в конце того же года уехал в Москву, перейдя в сверхштатные лаборанты к В. В. Марковникову. В 1900 г. А. М. Зайцев представил в профессорские стипендиаты кандидата с дипломом I степени А. Е. Арбузова, но министерство очень долго тянуло с ответом, и Арбузов уехал из Казани.

Обратимся к взаимоотношениям А. М. Зайцева с Академией наук. В 1876 г., когда в ее физико-математическом отделении рассматривался вопрос о присуждении Ломоносовской премии за лучшие работы последних двух лет, Н. Н. Зинин и А. М. Бутлеров в совместном «донесении» подробно охарактеризовали большую ценность исследований, выполненных «по мысли профессора Александра Михайловича Зайцева им самим, отчасти его учениками» [4, с. 205]. Авторы «донесения» не предполагали присудить ему эту премию, так как они еще раньше представили к премии Ф. Ф. Бейльштейна, но просили отразить их мнение в отчете о присуждении. В 1882 г. академики А. М. Бутлеров, Н. И. Кокшаров и В. Г. Имшенецкий представили к избранию в члены-корреспонденты В. В. Марковникова и А. М. Зайцева. Автором мотивировки был, конечно, Бутлеров. Он писал, что Марковников и Зайцев «по своим научным трудам занимают весьма видное место в среде наиболее заслуженных русских химиков; оба пользуются большой известностью между учеными Западной Европы; оба существенно содействовали развитию органической химии в последние два десятилетия. Первые научные работы напечатаны были г. Марковниковым в 1860 г., а г. Зайцевым в 1865 году, и с тех пор оба они неустанно трудились как на научном, так и на педагогическом поприще. Успех последнего рода тоже является немаловажною заслугой перед наукой, так как из числа учеников Марковникова и Зайцева некоторые, в свою

очередь, уже сделались известными в науке по своим открытиям» [4, с. 266—267].

Однако при обсуждении цитированного представления в 1-м Отделении Академии академик Чебышев поднял вопрос, к которому, по выражению Бутлерова, «ученые заслуги предложенных кандидатов не имеют никакого отношения...», а именно «вопрос о том, пожелают ли означенные ученые носить это звание, так как они 2 года тому назад в числе других лиц подписали заявление, выразившее порицание Академии по поводу тогдашнего забаллотирования проф. Менделеева»*. Бутлеров поручился за их согласие. Тогда Веселовский «уличил» его в том, что он, получая от президента Академии обязательное по ее уставу согласие на представление своих кандидатов, скрыл от него их участие в осуждении факта забаллотирования Менделеева. Бутлеров был оскорблен, апеллировал к президенту, тем не менее Бутлерову пришлось взять обратно сделанное им представление [4, с. 268—269].

В 1883 г. представление было возобновлено А. М. Бутлеровым, Н. И. Кокшаровым и В. Г. Имшенецким. (От имени первых двоих был предложен также Н. А. Меншуткин [4, с. 269—270].) Все три кандидатуры были отклонены.

В третий раз вопрос был поднят по инициативе того же Бутлерова; на этот раз соавторами его представления от 12 ноября 1885 г. были еще трое академиков. Они писали в 1-е Отделение Академии: «Имея в виду, что в настоящем году по физическому разряду имеется лишь одна вакансия корреспондента, принадлежащая химии, нижеподписавшиеся считают возможным и правильным предложить, с согласия г. Президента, к избранию: ... одного из тех кандидатов, имена которых уже известны Отделению, а именно профессора Казанского университета Александра Михайловича Зайцева...»

Начав свою ученую деятельность в 1865 году, г. Зайцев в течение 20 лет неустанно трудился и продолжает трудиться, производя замечательные исследования в области органической химии. Плодом этих исследований

* В 1882 году газета «Голос» опубликовала «Коллективное заявление профессоров-химиков по поводу забаллотирования проф. Д. И. Менделеева в Академию наук». В числе подписавших его был и А. М. Зайцев [26].

являются по настоящее время 17 работ, опубликованных им отдельно, и 16 работ, произведенных г. Зайцевым вместе с его учениками... Помимо собственных исследований профессор Зайцев существенно обогатил науку и свою деятельность на педагогическом поприще: в химической литературе имеется целый ряд исследований, произведенных учениками Зайцева, почти всегда — по его мысли и под его руководством. Многие из этих исследований увенчались интересными и немаловажными результатами и могут свидетельствовать о плодотворной деятельности ученого как академического преподавателя и главы лаборатории. Общее число опубликованных работ, вышедших в свет из Казанской лаборатории со времени начала в ней учебно-педагогической деятельности г. Зайцева, достигает ныне цифры 60.

Нижеподписавшиеся позволяют себе надеяться, что Академия, оценив заслуги нашего кандидата, одного из выдающихся отечественных химиков, не откажет почтить его присоединением к числу своих корреспондентов.

Список ученых трудов г. Зайцева при сем прилагается.

Акад/емики/ А. Бутлеров, Г. Вильд, Н. Кокшаров,
Ф. Шмидт» [4, с. 274—275].

Марковников по своим научным заслугам, конечно, по-прежнему имел наибольшие права на открывшуюся вакансию, и в 1885 г. его действительно избрали.

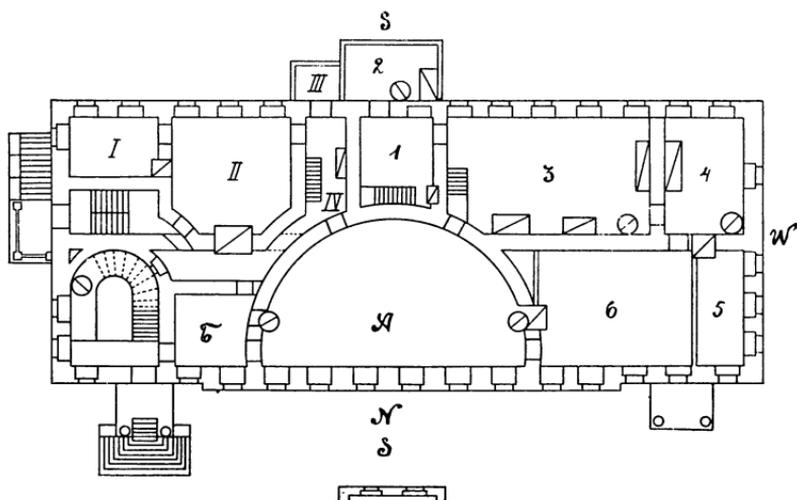
В 1907 г. А. М. Зайцеву было предложено звание академика, но он отклонил это почетное предложение. Биографы [24, 28] объясняли его отказ удивительной скромностью и нежеланием покинуть родную Казань, расстаться со столь близкой ему лабораторией. Об исключительной, необычайной скромности Александра Михайловича вспоминали все его ученики, но вряд ли она могла играть в данном случае первостепенную роль. А. М. Зайцев, безусловно, знал, как высоко оценивается его вклад в науку в России и за рубежом и едва ли мог считать себя недостойным предложенного звания. Но академики обязаны были жить в Петербурге, атмосфера в Академии наук мало улучшилась, так что Зайцев должен был бы продолжать борьбу, которую вел еще Бутлеров. Между тем здоровье его было уже довольно пло-

хим, а нити, связывающие с Казанью (и не только с университетом), — очень крепкими. Все это, очевидно, определило его решение.

В 1869 г. А. М. Зайцев вступил в число членов Русского химического общества и был президентом Общества в 1905, 1908 и 1909 гг., вице-президентом — в 1903 и 1910 гг. и председателем отделения химии в 1904, 1905 и 1909 гг. Он несколько раз избирался членом комиссии РФ — ХО по присуждению большой и малой премии имени А. М. Бутлерова, учрежденных в 1887 г. Ему самому в 1909 г. была присуждена большая премия им. А. М. Бутлерова за выдающуюся научную и педагогическую деятельность [26, с. 490]. Эти деньги были пожертвованы им на нужды Общества; А. М. Зайцев и ранее был в числе тех, кто поддерживал издательскую и другие виды деятельности Общества из своих средств.

Александр Михайлович был активным участником ряда съездов русских естествоиспытателей (и врачей), начиная со II съезда в 1869 г. и затем в 1873, 1876, 1893, 1898, 1901, 1909 гг. На заседании химической секции, например, в 1876 г. в Варшаве А. М. Зайцев сделал 7 сообщений о работах своей кафедры (в трех случаях — как автор или соавтор). Вступив в Общество естествоиспытателей при Казанском университете со дня основания (1869 г.) [29], А. М. Зайцев в 1893 г. был избран его почетным членом, а также являлся почетным членом Общества естествоиспытателей в Киеве (с 1883 г.), Московского Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии (с 1900 г.) и Киевского университета (с 1903 г.). Он был членом Берлинского химического общества. В 1869 г. А. М. Зайцев вступил также в Казанское экономическое общество, в 1871—1872 гг. читал публичные общедоступные лекции по химии на курсах, организованных Обществом естествоиспытателей; на таких лекциях бывало более 200 слушателей, в том числе много женщин [30, с. 48]. А. М. Зайцев сообщал также, что он был членом Химического общества в Париже и Общества натуралистов в Гиссене [31].

В университетской жизни А. М. Зайцева довольно большую роль сыграло одно событие, лишь бегло упомянутое А. Н. Реформатским. В 1880 г. после двух ходатайств министр разрешил засчитать Александру Михайловичу в действительную службу три года «времени,



План химической лаборатории Казанского университета.

Обозначения: А — аудитория, Б — прихожая; I — кабинет и музей лаборатории, II — рабочая комната профессора и лаборанта, III — галерея, IV — коридор, 1 — прихожая, 2 — сероводородная, 3 — зал для качественного анализа, 4 — комната для профессора и лаборанта, 5 — весовая и библиотека (стали кабинетом Бутлерова), 6 — музей.

В конце 90-х годов в левой половине было отделение неорганической химии, а в правой — органической.

проведенного им за границей, на собственный счет, с ученою целью» [32]. Это несколько продвигало его по лестнице чинов, устанавливаемых Департаментом геральдики, приближало право выхода на пенсию, наступающее после 25 лет преподавания, принесло А. М. Зайцеву и моральное удовлетворение. Официальным началом его службы в университете считается 5 апреля 1863 г.

Первое публичное чествование Александра Михайловича состоялось в 1888 г., т. е. было приурочено к официальному 25-летию его службы в университете. Организаторы торжества были лишь формально точны в цифре служебного стажа юбиляра и, вдобавок, сообщали, что 5 апреля 1888 г. исполняется и 25 лет его научной и педагогической деятельности в Казанском университете*.

* Несмотря на существование печатного отчета [33], А. Н. Реформатский [34, с. 870—871], а за ним М. А. Блох и Ю. С. Му-

Юбилей А. М. Зайцева вновь публично отмечался в 1908 г. В газете [35] было сказано, что сам он «скромно умолчал» о наступающем 45-летию научной и педагогической деятельности, но широко отовсюду откликнулись его ученики.

Глава 5

Условия преподавания. Педагог

Что представляла собой та лаборатория, в которой А. М. Зайцев проработал, считая и годы учебы, более 45 лет, где он выполнял классические исследования, растил многочисленную школу? Все основные сведения о лаборатории (присоединив и план ее) сообщил в 1901 г. А. А. Альбицкий [1].

Реформатский в описании лаборатории [2] допустил довольно существенные неточности, однако именно из этого источника черпали затем сведения о ней П. И. Вальден (1917), У. П. Уинни (1924), Ю. С. Мусабеков (1956) и др.

В 1837 г. для лаборатории было построено отдельное небольшое здание, но химикам была предоставлена лишь часть его вместе с полукруглой аудиторией. Открыв весьма неприглядную дверь, у которой на блоке ходила веревка с кирпичом, можно было сразу спуститься в полуподвальную часть здания — попасть в коридор; из него, сделав несколько шагов, войти в небольшую проходную комнату, которую примерно с 1885 г. использовали как рабочую. За ней шла довольно большая комната. Именно о ней было сказано: «...подвал своими низкими сводами невольно напоминает алхимическую лабораторию. Тесно, темно здесь: копоть десятилетий густо покрыла сводчатый потолок, стены и окна. Остатки старинных химических реликвий вроде замысловатых (? — А. К.) реторт, кувшинов (? — А. К.) и прочих остатков седой старины дополняют картину подвала.

сабеков [35] внесли много неточностей в описание этого юбилея, особенно в перечень учеников.

Но научная жизнь уже и здесь кипит...» [2, с. 865—866].

В этом описании краски явно сгущены. Уточним: комната полуподвальная, и в ней выполнялись главным образом подготовительные операции. Из этой комнаты по узкой деревянной лестнице поднимаемся в основное помещение и попадаем в маленькую — тогда раздевальную — комнату. Одна дверь из нее вела на небольшую стеклянную террасу, где долгое время работали с сероводородом и хранили реактивы для качественного анализа. Вторая дверь ведет в проходную комнату средних размеров с 18 рабочими местами для занятий по качественному (неорганическому) анализу, а из нее можно попасть в третью, примерно втрое меньшую, комнату, «которая и являлась долгие годы собственно органической лабораторией» [2, с. 866]. Только в начале XX в. этой последней отдали обе комнаты, а качественный анализ перевели в другое помещение.

Из комнаты с 18 рабочими местами можно войти и в параллельную ей большую, имеющую выход в аудиторию; в этой комнате находились библиотека, весы, запас реактивов для работы и шкафы с коллекцией препаратов, впервые приготовленных в лаборатории еще со времен Клауса и Зинива. В ней не работали, и именно здесь А. М. Зайцев всегда проводил перед лекцией 15—20 минут, «окончательно продумывая ее содержание». Ни комнат для лаборантов, «ни особого хорошо оборудованного кабинета профессора» здесь нет. Все преподаватели работают рядом со студентами, «сам профессор... занимает ровно столько же места, сколько отводится и его ученику и... если вовремя не запасется лишней колбой или воронкой, то насидится и без них, ожидая очереди». Студентов же всегда больше, чем рабочих мест, а «вентиляция... самая примитивная, а потому... в лаборатории всегда стоят облака дыма. И в такой-то обстановке работал А. М. Зайцев всю жизнь». И еще сказано, что «даже примитивных приспособлений для житейского обихода» в здании вообще не было, и Зайцев, по состоянию своего здоровья, позднее это особенно чувствовал.

Комната, где находились библиотека, препараты и прочее — «святая святых» — называлась музеем. На большом столе там стояли некоторые ценные приборы

и коллекция препаратов, демонстрируемых на лекциях. В шкафах помещались научные журналы, а в особо красивых шкафах — историческая коллекция препаратов. Застекленная, готического стиля, перегородка отделяла от этой комнаты небольшой кабинет Бутлерова, где находились книги, большой письменный стол и сравнительно точные весы. Что этот кабинет не был только реликвией, говорит хотя бы упоминание Марковникова в письме к Бутлерову (октябрь 1867 г.): «шикарная аудитория и кабинет, в котором... большой беспорядок» [3]. Беспорядок, был, конечно, временным; несомненно, что Зайцев именно в этом кабинете многое писал и продумывал. Эксперимент же он вел рядом — у окна той небольшой комнаты, которая долгие годы являлась органической лабораторией. Там находился рабочий стол «на 4 обширных места»; их занимали наряду с профессором лаборант и студенты, выполнявшие уже исследования по органической химии. Они должны были также помогать лаборанту в обслуживании остальных студентов.

По словам Альбицкого [1, с. 52], при Зайцеве помещение лаборатории значительно расширилось. За счет выселения служителей были освобождены и приспособлены под занятия органической химией три невысокие полуподвальные комнаты, имевшие выход в коридор, недостаточно светлые и не имевшие сколько-нибудь сносной вентиляции.

По сообщению А. М. Зайцева, в 1875 г. в лаборатории имелось 30 рабочих мест, но работали 40 человек, а для студентов-медиков вообще мест не было [3, с. 120]. В 1876 г. на естественный разряд поступили всего-то 4 человека [4], в 1884 г. по органической химии работали 6 студентов-химиков, один химик выпуска 1883 г. и двое лаборантов, а качественный анализ проходили около 20 студентов-естественников II курса [3, с. 134]. В 1900 г. всего работало около 65 человек [5]. Альбицкий отмечал, что студентам «приходится заниматься на окнах и пользоваться всяким свободным уголком» [1, с. 52—53].

На содержание лаборатории в 1866—1900 гг. отпускалось по 1405 руб. в год. Этой «штатной» суммы не хватало на самое необходимое; из средств университета почти ежегодно удавалось получить еще по 200—300 руб. Приборы, посуду и реактивы приходилось выписывать почти

всецело из-за границы, причем доставка их в Казань удорожала стоимость привозимого почти вдвое, а ждать заказанное приходилось до полугода [6]. Из ценного оборудования в отчетах называли прибор для измерения вращения плоскости поляризации (был приобретен для И. И. Канонникова) и громоздкий, не очень эффективный вакуумный насос ручного действия. Ряд материалов приходилось готовить на месте. «Я запасуюсь бутириновой кислотой (поставил бродить около 1½ пуда рожков и ½ пуда сахару), чтобы с наступлением Пасхи (каникул. — А. К.) снова приняться за приготовление бутилена», — писал А. М. Зайцев в 1870 г. [3, с. 116]. «Я и Грабовский заготовили около 500 гр[аммов] нормального бутильного алкоголя», — сообщал он в 1874 г. [3, с. 118]. А. М. Зайцев постоянно нуждался в помощниках для приготовления даже довольно простых препаратов и, возможно, поэтому так охотно предоставлял рабочие места желавшим вести исследования медикам и фармацевтам.

Еще с 1860 г. нагревание приборов вели на газе. Его вырабатывали из рыбьего жира, затем из бересты и, наконец, из смеси жирового «гудрона» с древесными опилками на небольшом «заводе», устроенном в нижнем помещении лаборатории. Он состоял из печи с ретортой и газометра и трижды перестраивался. При Марковникове, а затем и при Зайцеве газовая печь находилась под главной рабочей комнатой, а газометр на 500 куб. футов (около 14 м³) — под рабочей комнатой профессора и его ближайших сотрудников. «Мы работали, таким образом, как бы на вулкане с той, однако, невыгодной разницей, что вулкан дает знать о наступающем извержении, взрыв же газа от неосторожности... мог случиться мгновенно», — вспоминал В. В. Марковников [1, с. 52—53]. С 1875 г. появился городской газ; он служил и для целей освещения, но газовые рожки светили очень слабо, а продукты сгорания отравляли воздух, что особенно чувствовалось, так как вентиляция оставалась очень плохой. В 1903 г. устроили электрическое освещение, но студентам время работы не продлили, так как вентиляция помещения не улучшилась.

Сам Александр Михайлович и его ученики немало работали и в лаборатории технической химии. В главном здании университета для нее была отведена комната

под музей. Затем ее использовали, не переоборудовав, в качестве лаборатории, хотя она не была для этого приспособлена.

Таково было состояние «колыбели русской органической химии» при А. М. Зайцеве. Он неоднократно возбуждал вопрос о необходимости постройки новой лаборатории [7]. Совет университета ходатайствовал об отпуске на указанную цель 250 тыс. руб., но министр народного просвещения не нашел возможным испрашивать дополнительные средства у министерства финансов под тем предлогом, что «со стороны последнего уже открыты значительные кредиты на удовлетворение других нужд Министерства народного просвещения».

Нарушая служебную субординацию, А. М. Зайцев обращался за поддержкой к Д. И. Менделееву — описал сложившееся положение и просил его поддержать ходатайство университета перед министром финансов [8].

Однако и вмешательство Менделеева не помогло. Только в 1902 г. были отпущены дополнительные сред-



*Химическая лаборатория Казанского университета,
построенная в 1834—1837 гг.*

ства, но настолько ограниченные, что на улучшение состояния химических лабораторий университет ничего из них не выделил [7, с. 157].

Большое благотворное влияние А. М. Зайцева на широкий круг людей, причастных к науке, было обусловлено в значительной степени тем, что он не был кабинетным ученым, замкнутым только в рамках интересов избранной им области органической химии и узко понятых интересов своей кафедры. Так, например, он заметил и высоко оценил способности своего ученика Е. Е. Вагнера, когда тот увлекся химией, еще обучаясь на I курсе, и считал его «диссертацию» на степень кандидата прекрасным исследованием. В 1874 г. А. М. Зайцев просил факультет оставить этого «талантливого молодого человека» профессорским стипендиатом и сразу же предусматривал направить его в дальнейшем для совершенствования к Бутлерову. Вагнер очень успешно работал в Казани, но уже весной 1875 г. Зайцев направил его с рекомендательным письмом в Петербург. Условия для развития таланта Вагнера там действительно были лучшими, но кафедра химии Казанского университета его навсегда потеряла.

К А. М. Зайцеву притягивала людей именно его деятельность в лаборатории. Е. Е. Вагнер учился и работал у него в 1870—1875 гг. [10]. В 1888 г. писал Александру Михайловичу:

«Дорогой учитель! Жертвуя спокойствием и удобствами уединенной работы, Вы всецело отдавали себя своим ученикам; состоя в постоянном, теснейшем общении с ними, Вы передавали им не только неисчерпаемый запас своих знаний и опытности, но и, влияя своим увлекательным примером, умели возбуждать в них горячую любовь к научным исследованиям, составившим Вашу славу; деля же с ними и горе и радость, Вы приобрели в них преданных друзей» [11].

Медик В. И. Никольский в 80-х годах состоял лаборантом кафедры фармакологии, выполнил у Зайцева две работы по спиртам. В 1911 г., будучи уже профессором, он вспоминал, что Александра Михайловича к упорному труду побуждали «разумеется, кроме личных его качеств... во-первых, преданность науке и даже любовь к ней, во-вторых, обладание известной и вполне определенной идеей научного характера, давшей ему возмож-

ность работать в определенном направлении, как и ясное сознание плодотворности тех исследований, которые ведутся им и его учениками в этом направлении, в-третьих, сознание исполненного долга по отношению к родине при возможно тщательном и систематическом подготовке своих учеников...» [12]. По словам Никольского, ученики воспринимали от А. М. Зайцева его деловитость, скромность и энергию и высоко это ценили.

Л. А. Чугаев вспоминал: «Я имел случай встретиться с Александром Михайловичем всего два раза в жизни и то на короткое время. Но достаточно было этого мимолетного знакомства, кратковременной беседы с ним, чтобы простая добрая душа его оставила глубокое, неизгладимое впечатление. Все, что мне приходилось слышать о покойном от его друзей, от его учеников, далеких и близких [13] только подтверждает вынесенное мной личное впечатление. Все, кому случалось так или иначе сталкиваться с А. М., единодушно свидетельствуют, что он был на редкость добрый и отзывчивый человек. Он был органически неспособен оставить без удовлетворения обращенной к нему просьбы» [14].

Он был исключительно терпеливым педагогом. По признанию А. Реформатского, «каждому из нас — учеников А[лександр] М[ихайлович] изо дня в день неутомимо разъяснял неясное и непонятное», деликатно напоминал «забытые теории, факты или методы, как бы элементарны они ни были» [2, с. 870].

В 1911 г. А. Е. Арбузов вспоминал, что обстановка была при Зайцеве «чисто семейной... не было ни строгого профессора, [ни] педоступного профессорского места и профессорского кабинета... все было общее. Очень часто можно было видеть, как кто-нибудь из студентов бесцеремонно располагался на месте Александра Михайловича, а он сам тут же присутствовал, следил за работой и помогал своими ценными советами» [15].

Много позднее, по словам Г. Х. Камая, А. Е. Арбузов так характеризовал ему своего учителя: «Это был человек, не отличавшийся ораторским искусством, внешне замкнутый и, пожалуй, нелюдимый, [он] тем не менее как магнитом притягивал к себе людей. Он заражал учеников творческой одержимостью и почти фантастическим трудолюбием. Работал Александр Михайлович всегда с молодежью

и у нее на глазах. Это было принципом» [15, 16] и в этом он полностью повторял А. М. Бутлерова.

Вместе с тем А. М. Зайцев умел поддерживать в лаборатории дисциплину и проявлять требовательность. «Даже бурный Е. Е. Вагнер и экспансивный И. И. Канонников... затихали в присутствии своего учителя» [2, с. 869]. При Зайцеве, как и при Бутлерове, действовала система штрафов. Их взымали со студента, если он взял самовольно посуду или предмет общего пользования и не вернул на место, оставил не в порядке весы, не работал, когда полагалось, под тягой и т. д. Штраф составлял от 10 и даже до 50 коп. серебром (это — за оставление не в порядке *точных* весов), а за разбитое или испорченное взымали по его стоимости [17]. Для бюджета ряда студентов штраф мог оказаться тягостным. Зайцев, по словам Никольского, «плохих работ... не терпел и называл их „пачкотнею“» [12, с. 62], а по словам А. Е. Арбузова, «производил впечатление добрейшего человека, но очень был строг на экзаменах — очень непросто было получить у него хорошую оценку» [9].

С точки зрения пачальства, А. М. Зайцев был «нарушителем предписанного порядка». В 1882 г. после студенческой сходки попечителю учебного округа Шестакову был прислан анонимный донос, в котором утверждалось, что «возмутителями студентов являются профессора... [следовало 6 фамилий]. Они непосредственно некоторым из студентов прямо говорили... что при существующем порядке... университет ходит на помойную яму, где нет ни науки, ни мысли...» [7, с. 113]. В числе шести был назван и Зайцев. Шестаков записал в своем дневнике: «Замечательно, что так называемые друзья студентов не русские... только двое — Зайцев и Высоцкий русские, но русские из панургова стада, находящиеся под влиянием первых» [7, с. 115]. Как видим, попечитель учебного округа считал А. М. Зайцева политически недостаточно благонадежным. По существу, он был либералом — не больше, но все же способным и открыто выходить «за рамки дозволенного».

Многие профессора-либералы, достигнув солидного возраста и упрочив свое положение, в годы реакции заметно правели. Этого не произошло с А. М. Зайцевым. Еще в 1895 году его называли «шестидесятником» [18].

Яркий факт в биографии А. М. Зайцева связан с именем видного советского химика, коммуниста И. П. Лосева, поступившего в Казанский университет в 1904 г., но учившегося с большими перерывами из-за участия в революционном движении. Он был, в частности, участником первой Таммерсфорской конференции (1905) военных и боевых организаций РСДРП(б). В 1910 г., когда И. П. Лосев приступил к сдаче государственных экзаменов, он был осужден и отсидел в Казани год в тюрьме [19]. И. П. Лосев посвятил памяти А. М. Зайцева статью, в которой сказано: «Я имел счастье работать под личным непосредственным руководством Александра Михайловича в 1908—1910 годах...

Лично я обязан Александру Михайловичу за его заступничество в мое дело, когда я был арестован царской полицией в 1909 году (так! — А. К.) после революционного выступления в бывшей Донской области. Только пережившие сами те мрачные годы царской реакции, последовавшей в России после поражения революции 1905 года, могут реально представить, каким гражданским мужеством должен был обладать человек, чтобы открыто выступить в защиту студента, схваченного полицией за революционную деятельность. Александр Михайлович обладал таким мужеством. Ради ученика он не побоялся поставить на карту свое положение в тогдашнем обществе, свой авторитет знаменитого ученого, не побоялся навлечь на себя гнев царских властей. Несмотря на свои 68 лет, он предпринял энергичные хлопоты и добился того, что я был выпущен на поруки и мог вернуться к работе в лаборатории» [20].

Хотя Лосев отбывал срок заключения, ему разрешили сдавать государственные экзамены. При этом председатель экзаменационной комиссии потребовал, «...чтобы Лосев был доставляем на испытание в штатском платье и чтобы конвоирующие его ... оставались бы за дверью...» [21, с. 110] *.

* Выявленные нами в Казани документы [22] показывают, что Лосев записывался к А. М. Зайцеву на лекции во втором полугодии 1907 г. и на практические занятия по органической химии в обоих полугодиях 1909 г. По-видимому, именно в 1909 г. его арестовали, подвергли предварительному заключению. Отбывая свой срок в тюрьме, он, возможно, начал сдавать в 1910 г. государственный экзамен, но имеются лишь

Вернемся к сведениям о практических занятиях студентов по органической химии.

В 1890 г. Александр Михайлович, отвечая на вопрос, исходивший от министерства, подробно охарактеризовал постановку практических занятий на своей кафедре. Этот документ особенно интересен. Приведем его полностью:

«Имею честь сообщить факультету, что, кроме демонстрационного курса органической химии, мною ведутся по этому предмету практические занятия, заключающиеся в знакомстве студентов с методами исследования, как-то: с методами получения органических веществ в чистом виде, с приемами оценки их химически чистого состояния, с элементарным органическим анализом и, наконец, еще с некоторыми другими приемами, знакомство с которыми необходимо для исследования органических веществ. Для демонстрирования и разъяснения указанных приемов мною посвящается 5 часов в неделю, назначенных по расписанию, но, кроме этих часов, во все остальное свободное у студентов время от лекций и других занятий, мои слушатели приглашаются каждый отдельно и самостоятельно повторить показываемые им опыты и представить мне подробный отчет (в устном изложении) всего исполненного ими. Для последних занятий назначено мною время от 9-ти до 3-х часов ежедневно, когда я почти постоянно бываю в лаборатории и наблюдаю за ходом работ студентов. Когда студенты достаточно ориентированы в более важных методах исследования и приобрели навык в их исполнении, тогда мною предлагается им приложить приобретенные сведения к более или менее самостоятельному решению какого-либо научного вопроса; причем тема для такого исследования обыкновенно избирается не особенно сложная, позволяющая студенту произвести ее обработку еще до окончания курса. Параллельно с указанной обработкой избранной темы студентам рекомендуется познакомиться, по возможности по первым источникам, с литературой своего предмета и весь собранный ими литературный и фактический материал изложить в особом сочинении. Эти сочинения рассматриваются мною совместно с их авторами, причем указывается им на погрешности, и возвращаются для исправления. Если студент при экспериментальном

записи за май 1914 г. [23] о том, что сданы 8 экзаменов и присужден диплом I степени [24]. Лосев был последним из видных химиков-органиков, ставших на этот путь под личным влиянием А. М. Зайцева.

исследовании получил положительный результат, решающий тот или другой вопрос науки, то сочинение его им печатается в полном объеме в «Ученых записках» нашего Университета или же отсылается, в сокращенном виде, для опубликования в Журнале Русского химического общества или в немецкий журнал *Journal für praktische Chemie*. Описанные практические занятия в большем или меньшем объеме, смотря по свободному времени у студентов и по их практическому таланту, обязательны для студентов естественного разряда, избравших для дополнительного испытания предмет химию, а также в той же форме они предлагаются и другим студентам и посторонним слушателям, которые посвящают себя специальному изучению органической химии. Признавая большую пользу от указанных практических занятий, развивающих самостоятельность студентов и приучающих их к труду, я не могу не пожалеть о том, что в настоящее время остается у студентов от других занятий очень мало свободного времени, которое они могли бы посвятить для прохождения в желаемой полноте описанной практической школы. Поэтому было бы крайне желательно обязательно продолжить занятия студентов по органической химии и по окончании курса, по крайней мере для тех из них, которые пожелали бы посвятить себя в будущем педагогической деятельности. Одним словом, было бы весьма полезным организовать по окончании студентами курса педагогические семинарии» [25].

В начале XX в., по воспоминаниям А. И. Луньяка [26] *, в верхней лаборатории, рядом с профессором, работали до 8 человек «избранных», а в нижней до 20 студентов, и среди них 2—3 будущих органика. К работе в лаборатории допускались и те, для кого занятия в ней не были обязательными. Так, в 1880 г. у Зайцева работали до 15 медиков II курса, изъявивших желание пополнить свои знания по аналитической химии [30]. В отчете за 1882 г. упомянуто, что «некоторые медики различных

* Военный врач А. И. Луньяк в лаборатории А. М. Зайцева вел исследование по органической химии, начатое в Военно-медицинской академии (Петербург) под руководством А. П. Дьянова. Затем Луньяк разработал и «зайцевскую» тему, получил при поддержке А. М. Зайцева двухлетнюю командировку в лабораторию Э. Фишера в Берлине [27], стал с 1910 г. приват-доцентом Казанского университета, с 1912 г. — профессором органической, физиологической, а также технической химии [28, 29].

курсов ... изучали методы исследования в различных областях химии» [31]. Здесь можно назвать и ряд врачей (в основном — лаборантов кафедр) — М. Ф. Кондаратского, С. М. Максимова, В. И. Никольского, А. А. Панормова, В. М. Сырнева и фармацевтов — Н. И. Кромера, Е. А. Шацкого, которые вели исследования по органической химии (частично и по своей тематике). У ряда медиков имелось уже «твердое убеждение, что важнейшие проблемы внутренней медицины требуют для своего разрешения химического подхода» [32], и А. М. Зайцев внес немалый вклад в развитие казанской медицинской школы в этом направлении. Так, проф. А. А. Панормов сформировался как видный физиолог-химик после того, как стал работать у физиолога А. Я. Щербакова, а затем у А. М. Зайцева [32, с. 271].

А. М. Зайцев очень доброжелательно относился к различным по своей подготовке соискателям ученых степеней. Так, в 1891 г. он предложил присудить лаборанту Петербургского университета М. Д. Львову *honoris causa* степень доктора химии за его большой, общепризнанный вклад в область органической химии и подготовку ряда талантливых химиков. Это хорошо мотивированное предложение подписали также профессора-химики Ф. М. Флавицкий, И. И. Канонников и В. И. Сорокин, а Зайцев дополнительно подробно осветил научные заслуги Львова [33]. Цель была достигнута. С одобрения Зайцева сдал в 1892 г. магистерский экзамен по химии В. В. Курилов. Хотя он закончил физико-математический факультет по математическому отделению, но стал профессорским стипендиатом у Флавицкого, имея публикации по химии [34].

В большинстве случаев мнение Зайцева в Советах факультета и университета не встречало возражений. Однако острый конфликт возник в 1908 г. по поводу магистерской диссертации А. Н. Реформатского «Одноатомные непредельные спирты жирного ряда. Синтез спиртов ряда $C_nH_{2n-5}OH$ » (Москва, 1908) [35]. И тема и методика работы были зайцевскими, а заключительный пункт «Положений» (тезисов) гласил, что синтезы по Гриньяру не оригинальны — это лишь видоизменение того, что сделано А. М. Зайцевым, его сотрудниками и учениками. Диссертация была защищена весьма удовлетворительно, а через день Зайцев предложил присудить за нее степень

не магистра, а доктора химии, что однако не было принято. Совет факультета трижды бурно обсуждал этот вопрос; особенно обстоятельно возражал Зайцеву Флавицкий. Дело перешло в Совет университета, но он вернул его (в части степени доктора) факультету, требуя представить «в порядке, соответствующем закону» [35, с. 34]. На этом все заглохло. Мнение Флавицкого было, очевидно, более оправданным. Мы можем сослаться на письмо А. Е. Арбузова к Д. М. Марко из Новой Александрии (1910). В нем сказано о книге (диссертации) А. Реформатского: «Исписавши слишком 300 страниц литературными данными... без всякой системы и без всякого, так сказать, угла зрения... экспериментальная часть 30—35 страничек... расплывчатого материала... [не получено] буквально ни одного химического индивидуума, зато изрядно всякого рода смесей» [36].

Еще Бутлеров утверждал (имея и предшественников), что истинная химическая теория «...будет математической теорией для молекулярной силы, которую мы называем химическим сродством...» [37]. Однако время для использования химиками высшей математики в целях изучения химической связи тогда еще не настало. После выхода в свет в 1884 г. классических «Очерков по химической динамике» Вант-Гоффа стало вполне очевидным, что необходима разработка вопросов кинетики органических реакций с применением дифференциальных уравнений. А. М. Зайцев был в числе тех, кто охотно предоставлял Н. А. Меншуткину синтезированные им спирты для исследований по химической кинетике [38], но сам этих вопросов не касался. Флавицкий, развивая на своей кафедре и физическую химию, следил за работами Вант-Гоффа, Оствальда, Аррениуса и др. и все острее сознавал, что будущие химики должны изучать высшую математику, тогда как Зайцев предложил выделить органическую специальность, для которой «излишни математические курсы» [39].

В 1897 г. в Казанском университете был поднят вопрос о подготовке в университетах преподавателей некоторых технических дисциплин и «научно образованных техников-химиков». Была издана брошюра [40]. Авторами ее первой части были профессора: А. Зайцев, И. Канонников, А. Васильев (математик), В. Сорокин (агрохимик), Ф. Суворов (математик), Д. Гольдгаммер (физик) и А. Шту-

кенберг (геолог). Они доказывали, что высшее техническое образование в России должно развиваться так, что в течение двух лет общеобразовательные дисциплины преподаются на физико-математических факультетах университетов, а затем специальные дисциплины — в технических институтах. Дав очерк тяжелого состояния химических лабораторий Казанского университета, авторы утверждали, что лучше предоставлять средства на укрепление физико-математического факультета, чем на организацию новых общих естественно-исторических и физико-математических курсов во вновь создаваемых высших технических учебных заведениях.

Вторая часть брошюры была написана А. М. Зайцевым и И. И. Канонниковым. Указав, какие области химической технологии особенно нуждаются в специалистах с широкой подготовкой и сославшись на имеющийся опыт работы выпускников университета в промышленности, авторы высказались за организацию при физико-математических факультетах особых химико-технических отделений, где будущие технико-химики (химико-техники) проходили бы общеобразовательные предметы совместно со студентами естественного разряда (но без биологических дисциплин) с добавлением высшей математики, практической механики и черчения. Химическую технологию предлагалось преподавать «в пределах чисто научного ее изложения и в связи со специальным практическим знакомством с методами исследования материалов производства и его фабрикатов». В числе специальных курсов были названы теория паровых машин, устройство печей, электрохимия, технология жиров и т. д.

Указав на экономическую эффективность предлагаемого решения проблемы, авторы подчеркивали: «Возбуждаемый нами ныне вопрос об учреждении при университетах техно-химических отделений исходил из нашего твердого убеждения о крайней полезности этой меры в интересах развития в нашем отечестве находящейся еще в младенчестве химической промышленности. . .» [40, с. 15]. По примеру Н. Н. Зинина, В. В. Марковникова, Д. И. Менделеева и др. А. М. Зайцев (с соавторами) возбуждал наболевший уже для России вопрос. Решения своего он в досоветское время не получил.

А. М. Зайцев по возможности избегал административной работы, а свою общественную деятельность ограничи-

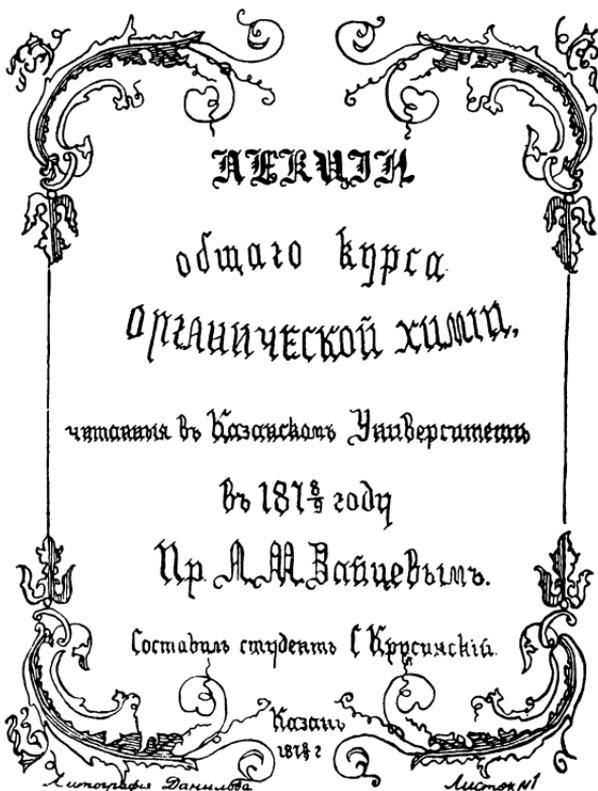
вал той сферой, где ему не приходилось сталкиваться с государственным полицейско-бюрократическим аппаратом. Вероятно не вполне правильно было сказано, что Зайцев «не являлся активным членом университетской коллегии: здесь выступал он почти исключительно только тогда, когда вопрос касался химии и химической лаборатории» [2, с. 863].

По избранию в Совет университета Зайцев был в 1872 г. одним из трех университетских судей, а в 1902/03 учебном году и в 1908 г. был кандидатом в судьи. На университетский суд возлагалось рассмотрение многих дел, касающихся студентов, в том числе их столкновений с преподавателями и университетскими «должностными лицами»; этот суд мог накладывать взыскания или передавать дело в уголовный суд.

На факультете А. М. Зайцев впервые занял выборную должность при характерных обстоятельствах. В августе 1905 г., в условиях революционного подъема, царизм считал выгодным пойти на уступку также либеральной части профессуры и восстановил отмененную уставом 1884 г. выборность администрации университетов. «Не без колебаний согласился А [лександр] М [ихайлович] принять это избрание, и то только потому, что это было очень трудное время, и он считал себя не вправе уклоняться от общественной работы» [2, с. 863]. (Чисто общественной она не являлась, так как оплачивалась государством «по штату».) Став деканом с 24 сентября 1905 г., Зайцев с наступлением периода реакции подал в отставку и 16 сентября 1906 г. ушел с этого поста. Временно он был деканом также в феврале—мае и октябре 1907 г. и дважды — совсем недолго — в 1909 г. В самом начале 1910 г. исполнял также обязанности ректора.

В 1900 г. Зайцев являлся председателем физико-математической испытательной комиссии при Московском университете. Аналогичную обязанность исполнял Александр Михайлович также в Петербургском университете в 1904 г. и в Казанском в 1906/07 учебном году.

Александр Михайлович выполнял также и добровольные обязанности. Самарское общество поощрения высшего образования материально поддерживало часть своих земляков, учившихся в Казани. А. М. Зайцев в течение ряда лет был в этом деле посредником, ежемесячно затрачивая на дела общества почти по целому дню [2, с. 863]. Он не



Титульный лист лекций А. М. Зайцева,
читанных в 1878/79 г.

раз отдавал свое время работам по Обществу вспомоществования нуждающимся студентам (казанцам) [41].

В конце 80-х—начале 90-х годов в университете сложился и довольно долго существовал кружок молодых преподавателей, которые частным образом собирались каждую субботу для отдыха и «для дружеской беседы, где обменивались мнениями о научных и общественных новостях, о событиях дня» [42]. И. И. Канонников считался президентом кружка. «Охотно принимал участие» в заседаниях кружка и А. М. Зайцев [42].

Курс органической химии

В дореволюционной России широко практиковалось издание лекций профессоров литографским способом. Обычно лекции тщательно записывались или стенографировались кем-либо из слушателей и затем профессор просматривал их и, так сказать, утверждал, ставя свою подпись в конце каждого листа (на с. 16, 32 и т. д.). Такие курсы лекций считаются авторизованными. Иногда литографское издание предшествовало изданию типографским способом соответствующих курсов того же профессора. Так было, например, с курсом лекций А. М. Бутлерова [43], прочитанных им в Казанском университете в 1862/63 учебном году и иногда даже текстуально воспроизводимом в его выпедшем вскоре руководстве («Введение к полному изучению органической химии», Казань, 1864—1866).

Из литографированных изданий лекций А. М. Зайцева известно только одно. Это «Лекции общего курса органической химии», читанные в Казанском университете в 1878/79 учебном году. Этот курс лекций А. М. Зайцева отличается исключительной ясностью изложения, простотой и отточенностью всех формулировок и строгой систематичностью в распределении материала. Этими же качествами обладают и лекции А. М. Зайцева, напечатанные примерно через 10 лет в типографии Казанского университета.

«Курс органической химии» А. М. Зайцева вышел тремя выпусками соответственно в 1890, 1891 и 1892 г.* По объему выпуски несколько отличаются друг от друга: первый — с. 1—259, второй — с. 257—528+2 с. опечаток, третий — с. 529—873. Объединенное в один том издание всех трех выпусков, кроме титульного листа, содержит еще общее оглавление (с. I—XII) и список важнейших опечаток (5 страниц отдельной пагинации)**.

А. М. Зайцев в предисловии отмечает, что «спешность издания отозвалась неблагоприятно на редакционной стороне». Этим, видимо, и объясняется большое число опечаток, хотя автору, как

* На титульном листе первого выпуска проставлен 1889 г., но так как цензурное разрешение датировано 18 декабря 1889 г., надо думать, что он был отпечатан уже в 1890 г., и поэтому на титульном листе издания всех трех выпусков в одной книге проставлено: 1890—1892.

** Нельзя не отметить, что у авторов учебников и других книг по химии в XIX в. существовала хорошая традиция прилагать по возможности листе подробный список опечаток, говорящий о добросовестном отношении авторов и издателей к своему делу и об их чувстве ответственности перед будущими читателями.

КУРСЪ

ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.

ЛЕКЦИИ

А. Зайцева,

Профессора Императорскаго Казанскаго Университета.

ЧАСТЬ I-я.

КАЗАНЬ.

Типографія Императорскаго Университета.
1890—1892.

Титульный лист «Курса органической химии»

он пишет, «в просмотре корректуры» помогал лаборант А. Альбицкий.

«Читатель не найдет в моей книге, — писал А. М. Зайцев в предисловии, — полного свода фактических данных органической химии. Я представляю здесь лишь тот фактический материал, который поддается обобщениям и, следовательно, может иметь педагогическое значение. Если встречаются кое-где отклонения от этого правила, то лишь в отношении тех одиночных фактов, которые либо могут быть приведены в подкрепление каких-нибудь отдельных теоретических выводов, либо которые интересны со стороны значения их в практике».

Введение, занимающее 50 страниц первого выпуска, посвящено задачам органической химии, аналитической и теоретической ее частям, а также классификации органических соединений. В теоретической части теория химического строения и следствия из нее излагаются близко к тому, что давал А. М. Бутлеров, в частности, в последнем своем курсе лекций по органической химии [44]; стереохимические представления также нашли в книге А. М. Зайцева должное отражение [45].

В «Курсе» А. М. Зайцева сначала рассматриваются углеводороды по «рядам» от C_nH_{2n+2} до C_nH_{2n-6} и затем «углеводороды высшей неопределенности». В один ряд попадают углеводороды ациклические и карбоциклические. Например, ряд C_nH_{2n} включает в себя как «этиленные углеводороды», так и углеводороды «с замкнутой группировкой атомов». За углеводородами, начиная со второго выпуска, следуют кислородсодержащие соединения: спирты, простые эфиры, сернистые их аналоги — тиоспирты и тиозфиры. Описание этих соединений включает второй выпуск. Далее идут «азотистые соединения спиртовых радикалов» — амины, гидразины, гидразо-, азо- и диазосоединения и соединения тех же радикалов (т. е. радикалов, формально получаемых элиминированием из спиртов гидроксильной группы) с элементами групп азота, углерода, бора, бериллия и щелочных металлов. Затем следуют снова кислородсодержащие соединения, но уже содержащие связи $C=O$: альдегиды и кетоны. На этом заканчивается третий выпуск, а вместе с тем и первая часть «Курса» А. М. Зайцева. Вторую часть, судя по классификации органических соединений, должны были бы составить кислоты (включая сульфокислоты) со всеми их производными. Вторая часть, однако, не вышла. Как пишут С. Н. Реформатский и А. А. Альбицкий, «болезнь А. М. помешала ему довести этот труд до конца; а между тем такого обширного руководства по органической химии и до сих пор нет на русском языке» [46]. И это действительно так и было, потому что с «Курсом» А. М. Зайцева можно было сравнить лишь «Лекции органической химии» Н. А. Меншуткина, но даже 3-е издание их (СПб., 1897, 766 с.) уступало учебнику А. М. Зайцева по объему и обстоятельности изложения.

Отметим еще, что в своем «Курсе» А. М. Зайцев делает «выходы» из области чистой органической химии, когда речь заходит о ее практическом приложении. Таковы, например, параграфы «Нефть» (с. 62—64 «Курса»), «Бакинская нефть» (с. 119—120), о светильном газе (с. 155—159), «Каменноугольный деготь» (с. 202 и сл.). С большой подробностью рассматриваются и соединения, имеющие практическое значение. Таковы разделы, посвя-

ценные терпенам (с. 164 и сл., 819 и сл.) или веществам, применяемым в качестве красителей (с. 593—603, 618—630), и т. д.

Исторических отступлений у А. М. Зайцева, за одним исключением, практически нет*. Есть только нечастые упоминания фамилий химиков — авторов открытий соединений, реакций или методов исследований.

Глава 6

Эпилог

Согласно университетскому уставу после 25-летней «выслуги по учебной части» не только профессор имел право выйти на пенсию, но и университет мог отказаться от его услуг. Однако в 1893 г. попечитель учебного округа официально признал, что в случае ухода А. М. Зайцева «университет лишился бы в нем способного преподавателя и незаменимого руководителя в лабораторных работах» [1].

А. М. Зайцев был оставлен на службе с поручением чтения лекций и полного заведования химической лабораторией [2].

В 1898 г. университет и попечитель учебного округа возобновили свою просьбу. В донесении попечителя было сказано: «На запрос Ректора университета профессор Зайцев сообщил, что, после исполнения (5 апреля настоящего года) 35-летия его учебной службы, г. Зайцев желал бы сохранить за собой звание профессора и члена факультета и Совета на дальнейший срок** с правом читать лекции и заведовать отделением лаборатории по органической химии» [3].

В министерстве, однако, возникли сомнения. Приват-

* Единственное исключение — история глицерина (с. 411). А. М. Зайцев, видимо, сам не чувствовал вкуса к исторической тематике, в отличие, например, от А. М. Бутлерова, которому он посвятил свою единственную историко-химическую работу, если не считать истории жирных кислот в рекламном издании товарищества Крестовниковых.

** Устав университета предусматривал, что профессор, не состоящий в штате, не обладает правом голоса в Советах общеуниверситетском и факультетском. Изъятие из этого правила было исключением «по высочайшему повелению».

доценты Московского университета М. И. Коновалов и И. А. Каблуков были докторами химии, но не профессорами. Того и другого (через ректора) конфиденциально запросили о возможном желании занять «вакантную» кафедру в Казанском университете. В ответе и. о. ректора Московского университета было сообщено, что «гг. Коновалов и Каблуков, выражая свою искреннюю благодарность за оказанное им внимание, уведомили, что, по сложившимся обстоятельствам, они не признают возможным занять предлагаемую им вакантную кафедру химии в означенном университете» [4]. Тогда министерство запросило ректора Казанского университета, «способен ли проф. Зайцев ввиду своей долголетней преподавательской деятельности продолжать чтение лекций» [5]. Как сообщил попечителю университет, Зайцев лишь в 1895 г. из 208 лекций пропустил (по болезни и «по домашним обстоятельствам») 12, тогда как в 1895 г. из 213 и в 1896 г. из 232 — по одной, в 1897 г. из 264 — две и в первом полугодии 1898 г. из 133 — ни одной.* Соответственно попечитель написал в министерство, что «такое в высшей степени аккуратное исполнение г. Зайцевым лежащих на нем преподавательских обязанностей само по себе ясно свидетельствует о его полной способности продолжать дальнейшую свою преподавательскую деятельность, которая, как прежде, так и теперь, представляется безусловно плодотворной и в научном, и в педагогическом отношении, подтверждением чего служит то обстоятельство, что, кроме студентов, в лаборатории профессора Зайцева под его руководством всегда занимаются несколько лиц учеными работами и ежегодно из его лаборатории выходят по несколько ученых работ» [7]. Согласие министра было получено, но только на один год.

Министр давал далее разрешения ежегодно, причем в 1905 г. было упомянуто «по вакантной кафедре», но и ранее, с 1898 г., это подразумевалось.

* 264 лекции в 1897 г. — это превышает число реальных дней учебы студентов. Согласно же учебным планам двух факультетов [6] Зайцев читал по 3 лекции в неделю естественникам и по 3 лекции медикам, а из «Расписания» узнаем, что эти лекции совмещались. Очевидно, они засчитывались профессору как двойные. Зайцев имел еще по 5 ч в неделю практикума по органической химии и по «совещательному часу» (консультации).

Еще в 1900 г., подтверждая министерству свое согласие работать в прежнем объеме, Александр Михайлович связывал это согласие с переносом занятий по качественному анализу в другое помещение [8].

В 1908 г. А. М. Зайцев и Ф. М. Флавицкий подробно обосновывали (уже не в первый раз!) необходимость учредить в Казанском университете третью, сверхштатную профессию «чистой химии... с приурочением к ней преподавания аналитической химии» [9]; при этом было указано, что в ряде высших учебных заведений страны уже имеются по три кафедры химии, а в Казанском университете затрудняет преподавание химии еще и разбросанность лабораторий. Хотя Совет университета поддерживал это высказывание химиков, попечитель учебного округа А. Н. Девецкий, направляя его в марте 1908 г. в министерство, счел нужным отметить, что за выслугой профессорами Зайцевым и Флавицким 30-летия имеется полная возможность обеспечить преподавание химии и без учреждения особой сверхштатной профессуры.

Это донесение попечителя не возымело желательного для него действия. Но в августе 1909 г. поступил новый запрос министерства, и попечитель без промедления ответил: «...преподавание химии ... ведется... внештатными заслуженными профессорами Зайцевым и Флавицким с помощью нескольких приват-доцентов и, по моему мнению, не может считаться вполне обеспеченным, и кафедра химии, несомненно, настоятельно требует замещения штатным профессором. Положение этой кафедры таково же, каково вообще положение тех кафедр, представители которых, оставаясь по выслуге 30-летнего срока вне штата, продолжают по поручению факультета читать обязательные курсы, получают за то сверх пенсии добавочное вознаграждение, часто при этом сохраняют в своем заведывании учебно-вспомогательные учреждения и упорно не желают возбуждать вопроса о своем преемнике... Факультет по большей части легко мирится с таким положением дела и обыкновенно из года в год возбуждает ходатайство о поручении внештатным профессорам преподавания на новые сроки, часто не принимая во внимание даже и того, что одряхлев, отстав от науки, чувствуя себя по выслуге пенсии совершенно независимыми и постепенно переставая относиться к своим обязанностям с прежней исполнительностью, такие профес-

сора редко бывают в состоянии поддерживать уровень университетского образования на надлежащей высоте».

Указав далее, что А. М. Зайцев служит уже 46-й год, а Ф. М. Флавицкий «также близок к 40-летию службы», попечитель добавлял: «Не подлежит никакому сомнению, что преподавание химии выиграет, если наряду с этими почтенными, заслуженными ветеранами науки станут молодые представители кафедры» [10].

Мы видим, что если в 1908 г. ДЕРЕВЕЦКИЙ только навел министра на мысль о замене Зайцева и Флавицкого, то в 1909 г. он уже четко заявлял о необходимости это сделать и подыскать молодых ученых.

Структура и положение кафедры химии были довольно сложными [11—13]. В 1908 г. в ее состав на правах отделения входила и лаборатория качественного минерального анализа. По основной лаборатории помощниками А. М. Зайцева были приват-доцент и хранитель музея М. М. Зайцев (младший), лаборант А. П. Казанский и сверхштатный лаборант Д. М. Марко. В весеннем полугодии 1908 г. А. М. Зайцев брал на себя общий курс органической химии (3 лекции в неделю) и ведение практических занятий по тому же предмету (5 ч в неделю). К этому прибавлялись прием экзаменов, консультации и участие в руководстве исследованиями студентов. М. М. Зайцев читал специальные курсы по органической химии, вел практикум по количественному органическому анализу и руководил исследованиями (зачетными работами) студентов-органиков. В конце 1908 г. он выбыл с кафедры, и на 1909 г. А. М. Зайцев взял на себя также преподавание «Курса элементарного органического анализа». В целом это было для него весьма немало.

Министр народного просвещения А. Н. Шварц 15 сентября 1909 г. телеграфировал попечителю (не соблюдая секретности): «Признавая желательным заместить штатными профессорами вакантную ныне в Казанском университете кафедру химии и вторую профессию по кафедре русской истории, прошу Ваше Превосходительство предложить университету озаботиться избранием кандидатов на кафедры путем рекомендации» [14].

Попытка министерства подыскать на место Зайцева другого доктора химии предпринималась после 1893 г., вероятно, не впервые, и в Казани об этом знали. По словам профессора Луньяка [15], из уважения к Александру

Михайловичу никто не хотел претендовать на его место. Сам Зайцев будто бы узнал, что ему ищут замену, лишь тогда, когда министром народного просвещения стал Шварц (т. е. не ранее 1908 г.). Тогда Зайцев начал с горечью приговаривать: «Гонят нас, стары стали», и беспокоиться «о том, кто-то будет его заместителем, как сложатся взаимные отношения и проч. и проч.» [16].

По словам Луньяка [15], Зайцев потому добивался в 1908 г. степени доктора для А. Н. Реформатского, что это был его ученик и любимец, продолжатель изучения спиртов, и Зайцев хотел передать ему кафедру.

Судя по печатной продукции и по отчетам кафедры, научная деятельность самого А. М. Зайцева существенно снизилась уже примерно к середине 90-х годов. По-видимому, в течение значительной части дальнейших лет он активно вел научную работу, но по условиям его соглашения с Товариществом Крестовниковых результаты не предавались гласности. Об этой «подводной части айсберга» на факультете в общих чертах, конечно, знали, но в официальных отчетах приходилось о ней умалчивать.

В связи с характером своей исследовательской работы ученый должен был в значительной мере выполнять ее вне университетской лаборатории, а в этой последней он обходился имевшимся оборудованием, не нуждался и в особом профессорском кабинете. Однако это приводило к отставанию всемирно известной лаборатории органической химии Казанского университета от ряда других, подобных ей. В последние годы жизни А. М. Зайцев уже не был связан с заводом братьев Крестовниковых и тематика студенческих работ соответствовала его ранним научным интересам. Наступило время, когда, как замечал А. Е. Арбузов в одном из писем тех лет, «необходимо сдвинуть с мертвой точки когда-то знаменитую казанскую лабораторию» [17].

Вернемся, однако, к телеграмме министра. Получив от попечителя соответствующее указание, физико-математический факультет признал, что «ему неизвестны полноправные кандидаты на замещение названной кафедры и что вследствие сего факультет затрудняется заместить эту кафедру путем рекомендации» [18]. Он просил разрешить провести конкурс с допущением к нему лиц со степенью магистра химии. В феврале 1910 г. объявили об этом в печати [19], а в мае создали конкурсную комис-

сию в составе тех же А. М. Зайцева и Ф. М. Флавицкого. Однако к этому времени состояние здоровья Александра Михайловича сильно ухудшилось. Еще в октябре 1879 г. он писал Бутлерову: «С наступлением осени и зимы я почти ежегодно начинаю прихварывать», а через две недели сообщал: «...около месяца я сижу по болезни дома» [20]. В 1885 г. он чувствовал себя «довольно сносно», так что «без перерывов мог заниматься в лаборатории» [20, с. 139].

В 1910 г., очевидно, имелись основания сказать, что «здоровье А[лександр] М[ихайловича], в общем очень некрепкое, давно уже начинало давать себя знать разными недомоганиями и чаще других — недомоганиями желудочно-кишечного происхождения» [16, с. 873]. Летом 1910 г. А. М. Зайцев заболел, и 19 августа (1 сентября) 1910 г. умер от заражения крови*.

После смерти А. М. Зайцева Совет Казанского университета получил десятки телеграмм с выражением соболезнования [21]. Они поступали от Академии наук, ряда других научных учреждений, обществ, от видных русских химиков, а также от Немецкого химического общества. Отделение химии Русского физико-химического общества выразило скорбь по поводу «горестного события — безвременной кончины своего маститого председателя профессора Казанского университета, знаменитого химика, хранителя славных традиций эпохи Зинина и Бутлерова» [21, с. 44]. В газетах и журналах стали появляться некрологи и мемориальные статьи [22]. 23 августа на гражданской панихиде Ф. М. Флавицкий кратко обрисовал жизненный путь А. М. Зайцева и далее сказал: «Научная деятельность Александра Михайловича, а также даровитых его учеников, сделала имя его знаменитым во всем ученом мире. Этим он прославил не только себя, но и Казанский университет, химическая лаборатория которого давала новые вклады не только русской, но и иностранной химической литературе...» [23].

А. М. Зайцев глубоко сознавал свою ответственность за поддержание славы и чести Казанской химической школы. Возбуждая в 1890 г. вопрос об установке бюстов

* Александр Михайлович сменил в Казани несколько адресов, а в 1906 г. построил дом на улице Гоголя (ныне д. № 25), в котором прожил до конца своих дней.

Н. Н. Зинина и А. М. Бутлерова, А. М. Зайцев писал, что эта школа «создана покойными благодаря их беспредельному труду, беззаветной любви к науке и теплоте, всегда отзывчивому отношению к своим питомцам, выражавшемуся в полной готовности во всякое время удовлетворить их научным стремлениям. Эта беспримерная в нашем отечестве заслуга покойных, по крайней мере по отношению к нашей специальности, составившая славу тех лабораторий, которые имели счастье находиться под их руководством, дает нам полное право называть Зинина и Бутлерова отцами русской химии. С готовностью мы должны сказать, что эта школа возникла и организовалась на почве нашего родного университета, и нужно также заметить, что и вне казанской службы покойных духовная связь с ними этой школы никогда не прекращалась: все нужды и все успехи нашей химической лаборатории всегда находили в сердцах покойных благодарный отклик, свой интерес и теплое отношение» [24, с. 23]. Нам остается только добавить, что сам А. М. Зайцев был их достойным преемником*.

«Дело» о конкурсе на замещение вакантной кафедры химии факультет завел лишь 10 сентября [28], хотя все готовилось раньше: еще в апреле подали заявления В. В. Челинцев и А. Н. Реформатский; узнав об этом, подал и А. Е. Арбузов [29], и в феврале 1911 г. был избран в факультете и. д. экстраординарного профессора химии. Так завершился зайцевский период истории кафедры и начался знаменитый арбузовский.

А. М. Зайцева похоронили на Арском кладбище г. Казани. О могиле его, после смерти родных, заботятся руководители НИХИ им. А. М. Бутлерова. В музее этого института бережно хранятся впервые синтезированные

* Собрание всех важнейших химических журналов — ЖРФХО и зарубежных, занимавшее в музее лаборатории 5 книжных шкафов, приобреталось на личные средства А. М. Зайцева. Выполняя волю покойного, его жена и сын передали эту ценнейшую коллекцию в дар лаборатории [25]. Они также передали университету 2500 руб. в качестве капитала, на проценты с которого должна была выдаваться стипендия (125 руб. в год) студенту-естественнику III или IV курса, зарекомендовавшему себя работой по химии [26]. Вскоре они повысили сумму капитала до 7000 руб., а размер стипендии — до 302 руб. в год [27]. Ставилось характерное для А. М. Зайцева условие: успешное занятие химией — единственный критерий для кандидата.

А. М. Зайцевым препараты, поднесенные ему альбомы фотографий и некоторые другие зайцевские реликвии. В бутлеровской аудитории, где при нем были установлены бюсты Н. Н. Зинина и А. М. Бутлерова, висит и большой портрет продолжателя их дела и традиций — А. М. Зайцева, он изготовлен на средства, собранные казанскими химиками [30]. Одна из мемориальных досок, укрепленных на внешней стороне исторического здания института — бывшей химической лаборатории — посвящена памяти славного русского химика — Александра Михайловича Зайцева.

Часть вторая*

Научная деятельность

Глава 1

Первые работы. Диссертации

Наиболее полное изложение работ А. М. Зайцева по органической химии принадлежит С. Н. Реформатскому и А. А. Альбицкому¹. В этом пространном обзоре А. А. Альбицким написан лишь раздел (один из шести), посвященный высшим ациклическим кислотам². Поэтому в дальнейшем при ссылках на названный обзор мы будем упоминать каждого автора в отдельности. обстоятельное изложение работ А. М. Зайцева имеется также в статье Л. С. Шперля (одного из учеников Е. Е. Вагнера) в сборнике, изданном в 1911 г. в Варшаве³. Однако эта работа страдает многими неточностями и натяжками. Создается впечатление, что автор даже о докторской диссертации А. М. Зайцева пишет понаслышке.

При написании этой и следующих глав привлечен новый материал: опубликованные и неопубликованные

* В этой части в отличие от первой применяется двойная система сносок: в квадратных скобках — указания на работы в «Библиографии трудов А. М. Зайцева», а цифры над строкой относятся к спискам литературы к главам 1—3 части II и Заключениею.

Некоторые термины, встречающиеся в цитатах, требуют пояснения: «пай» — это атом, «содержание» или «содержаться» — «поведение» (в реакции) или «относиться» (к реагенту), «мэфил» и «мэтил» — метил, «эфил» — этил. Наименования одноатомных спиртов производятся от названия «карбинол», предложенного Г. Кольбе для метилового спирта, «через замещение 1-го, 2-го или всех 3-х атомов водорода, соединенных с углеродом, на различные одноатомные радикалы» (Зайцев А. М. Курс органической химии, с. 272). Мы сохраняем эту терминологию и в авторском тексте, потому что ею почти исключительно пользовались А. М. Зайцев и вся бутлеровская школа и она многократно встречается в цитатах.

архивные материалы и работы других историков химии. Кроме того, в результате нового прочтения работ А. М. Зайцева и сопоставления их с современными представлениями оказалось иногда необходимым дать им оценку, несколько отличающуюся от той, которую они получили в начале этого века.

Кандидатские диссертации

В автобиографии А. М. Зайцева⁴ ошибочно утверждается, что он окончил Казанский университет со степенью кандидата. А. Н. Реформатский⁵ правильно пишет, что А. М. Зайцев получил степень кандидата в 1864 г., но не упоминает, что это была уже вторая его кандидатская диссертация.

Первая кандидатская диссертация А. М. Зайцева представляет собою тетрадь, 76 страниц которой занимает рукописный текст⁶. Название: «Теоретические взгляды Кольбе на рациональную конституцию органических соединений и их связь с неорганическими. Диссертация, на степень кандидата, студента юридического факультета камеральных наук Александра Зайцева. Марбург, 1863 года. Февраля» (число не проставлено). На просьбу исп. дела декана факультета «доставить в факультет письменный отзыв о достоинствах ее», обращенную к членам факультета, против фамилии Бутлерова стоит его пометка: «Читал и возвратил 16-го апр. Отзыв представляю особо». Отзыв не сохранился и, может быть, даже не был написан, а А. М. Зайцеву было сообщено лишь, что он был отрицательным. О характере отзыва можно судить по заключению Бутлерова на последней странице диссертации «Плохой перевод с немецкого!»

Нет необходимости в этой главе излагать суть теоретической системы Кольбе⁷. Достаточно сказать, что «конституцию» органических соединений он выводил из «неорганической» двуокиси углерода, которой придавал формулу C_2O_4 , так как принимал вдвое меньше против действительных атомные веса углерода и кислорода. Подобный способ формульного моделирования конституции органических соединений приводил Кольбе к многочисленным ошибкам, хотя и позволял делать иногда удачные предсказания, а также приводить в систему экспериментальный материал. На этом основании Кольбе, взгляды

которого не выдерживали критики при сопоставлении с теорией химического строения, считал свою теоретическую систему единственно правильной и ту же точку зрения полностью воспринял в своей первой кандидатской диссертации А. М. Зайцев.

При чтении диссертации Бутлеров сделал многочисленные пометки. Иногда его пометки краткие: «едва ли?», «Наверно нет», «по-немецки», «?? не понятно», «не по-русски», «Чисто немецкий перевод», «о, немецкая речь!» и т. п. Некоторые слова и обороты Бутлеров на полях переводит с русского на немецкий. Например, Зайцев пишет: «Нам предвидимо удастся получить...» (с. 32 диссертации). Бутлеров на полях переводит «veransichtlich», то же самое он делает на с. 45; «Опять veransichtlich». Ко многим местам рукописи Зайцева Бутлеров сделал замечания более развернутые. А. М. Зайцев, например, пишет: «Теперь приступаю к подробному изложению его (Кольбе. — Г. Б.) теории, где и *постараюсь привести* (подчеркнуто Бутлеровым. — Г. Б.) как можно более фактов, подтверждающих справедливость какого-нибудь отдельного его взгляда» (с. 17). А. М. Бутлеров замечает: «Лучше быть беспристрастным и показать и достоинства, и недостатки».

Зайцев пишет, что углекислота и окись этилена должны быть, по высказанному Кольбе «закону», двухосновными или двухатомными. Не будем вдаваться в суть этого высказывания и «закона», обратим внимание лишь на пометку Бутлерова: «Право, не закон это устанавливает, а существование закона доказывается этими фактами» (с. 35). На с. 63 Зайцев приводит формулу, выражающую состав ацетамида, и пишет: «Этот образ рассмотрения считают вообще за *справедливейший*». Бутлеров подчеркивает два последних слова и пишет на полях: «Дико! Будто можно говорить о большей или меньшей справедливости того или иного факта». Критика Бутлеровым взглядов Кольбе, изложенных в диссертации Зайцева, ведется с позиций теории химического строения. Это иногда прорывается явно в его замечаниях. Так, Зайцев писал: «Если из уксусной кислоты и аммиака происходит ацетамид, то относительно его состава возникают два взгляда, или сохраняется тип углекислоты, от которого производится уксусная кислота, или переходит он к типу аммиака» (с. 62 об.). Бутлеров пишет на полях: «В этом-то

«или, или» и выражается участие каждой состав[ной] части в усложнении частицы — химическое строение». По поводу еще одного подобного рассуждения Зайцева Бутлеров заметил: «Смысл этого объясняет понятие о химическом строении» (с. 69).

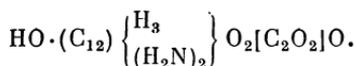
Видимо, то обстоятельство, что даже некоторые ученики Бутлерова (кроме А. М. Зайцева следует назвать здесь и его брата К. М. Зайцева*), слушавшие его лекции, в которых он (с 1860 г.) развивал идеи теории химического строения, будучи за границей, попали полностью под влияние Кольбе, было для казанского профессора одним из побудительных мотивов подробнейшим образом рассмотреть взгляды немецкого химика в критическом сопоставлении с теорией химического строения. Это было сделано А. М. Бутлеровым в большой, одной из важнейших в истории этой теории статье «О различных способах объяснения некоторых случаев изомерии»⁹, датированной 3/15 июля 1863 года и в том же году опубликованной на немецком языке.

Потерпев неудачу со своей первой кандидатской диссертацией, А. М. Зайцев присылает из Марбурга вторую, представляющую описание небольшого экспериментального исследования: «Диамидосалициловая кислота и некоторые ее соединения с кислотами. Диссертация для достижения кандидатской степени Александра Зайцева. Марбург, 1864 года, Августа». В ней, не считая титульного листа, всего 10 страниц. По своей тематике она примыкает к работам школы Кольбе, и в рукописи, присланной в Казань, применяются его же знаки элементов и формулы, хотя отсутствует вообще упоминание о каких-либо теоретических представлениях. Против титульного листа Бутлеров написал свое заключение (публикуется впервые): «Диссертация эта представляет самостоятельный труд — исследование нового, интересного вещества, впервые приготовленного автором, диамидосалициловой кислоты и некоторых ее соединений. Так как названные тела принадлежат к такому ряду соединений, которых представители еще весьма мало известны, то подлежащий труд, прибавляя несколько новых данных, может по справедливости назван имеющим некоторое значение для

* К. М. Зайцев был уже к тому времени кандидатом камеральных наук⁸.

развития самой науки. По мнению моему, это более, чем можно требовать от ищущего степени кандидата, и потому я признаю Г[осподина] А. Зайцева, доказавшего свое (у Бутлерова «своего». — Г. Б.) умение производить самостоятельные работы, вполне заслуживающим степень кандидата. Проф. химии А. Бутлеров»¹⁰.

Эта работа А. М. Зайцева [1] была напечатана уже после того, как он получил за нее кандидатскую степень. Она была его первой печатной публикацией*. В статье описан способ получения «диамидосалициловой кислоты» (современное название — 3,5-диамино-2-оксibenзойная) и некоторые ее свойства. Формула этой кислоты у А. М. Зайцева:



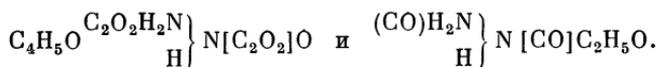
Таким образом, эта формула свидетельствует о том, что А. М. Зайцев все еще находился под влиянием Кольбе, и, возможно, даже тема была предложена немецким химиком. Первоначальный замысел был в духе тогдашних интересов Кольбе — из «диамидосалициловой» кислоты получить ее диазосоединения «по Гриссу», а затем перевести их в триоксibenзойную кислоту, но именно первую стадию — диазотирование — осуществить А. М. Зайцеву не удалось, и поэтому он вынужден был ограничиться сообщением о получении «диамидосалициловой кислоты».

Вслед за рассмотренной статьей под общей шапкой «Исследования из академической лаборатории в Марбурге» опубликовано еще одно сообщение А. М. Зайцева о работе, также не вполне законченной [2]. Действуя на хлоруксусный эфир циановокислым калием, А. М. Зайцев вместо ожидавшегося замещения хлора на группу $[\text{C}_2\text{O}_2]\text{N}$ получил аллофановую кислоту, ее эфир и еще одну кислоту, природа которой не была установлена. В конце этой работы выражается благодарность Кольбе за поддержку.

Во время полугодового пребывания в Париже А. М. Зайцев продолжил эту свою работу и, по-видимому, подверг проверке прежние результаты анализов, произведе-

* Эта работа А. М. Зайцева не датирована, но сопоставление дат предшествующих и последующих статей в той же тетради журнала, вышедшей 14 марта 1865 г., позволяет заключить, что она была отправлена в печать в ноябре 1864 г.

денных в Марбургской лаборатории. Во всяком случае он напечатал две статьи на французском языке и одну на немецком под тем же названием [3], которые во многом повторяли его первую статью о взаимодействии хлоруксусного эфира с циановокислым калием, но содержали новые аналитические данные, а главное, свидетельствовали о переходе А. М. Зайцева от эквивалентных знаков элементов к атомным, что означало существенный шаг в сторону от теоретических представлений Кольбе. Для сравнения приведем формулы этилового эфира аллофановой кислоты в первой и в последующих статьях А. М. Зайцева:



Из второй формулы видно, что дальнейший переход к представлениям о химическом строении органических соединений не должен был представлять для А. М. Зайцева значительной трудности. Строение эфира, полученного А. М. Зайцевым, можно передать формулой $\text{H}_2\text{NCONHCOOC}_2\text{H}_5$, и уже А. М. Бутлеров в своем «Введении к полному изучению органической химии» предлагает правильную структурную формулу для аллофановых эфиров, хотя формулу А. М. Зайцева воспроизводит не совсем точно¹¹.

Тиоэфиры. Открытие сульфокисей. Магистерская диссертация

Обе рассмотренные выше работы позволяют заключить, что А. М. Зайцев, как это и было свойственно начинающим химикам того времени, повторяя или развивая работы других химиков, скорее пытался набить руку на работе с различными веществами различных классов, чем отыскать свое собственное направление в науке. Такой же характер носила первоначально его работа над органическими сернистыми соединениями. К началу работы А. М. Зайцева над ними было известно несколько попыток исследовать действие азотной кислоты на тиоэфиры (диалкилсульфиды). Наиболее важной в этом отношении была работа Офеле, который в 1863 г. нашел, что при окислении диэтилсульфида образуется диэтилсульфон $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_2$. Эту реакцию А. М. Зайцев решил испытать

применительно к другим диалкилсульфидам и в первую очередь к имевшемуся в его распоряжении диамилсульфиду и синтезированным им дибутилсульфиду и амилэтилсульфиду*. Неожиданно он при этом получил не сульфоны, а соединения, которые он назвал «окисями сернистых соединений алкогольных радикалов»**, или, как их стали называть затем, сульфоокиси.

В первом сообщении на немецком языке [4], датированном мартом 1866 г. и посланном уже из Казани***, А. М. Зайцев сообщает о получении им сульфоокисей диамилсульфида, дибутилсульфида и амилэтилсульфида. В заключение этого сообщения он пишет о своем намерении исследовать отношение к азотной кислоте диметилсульфида, а также попытаться получить соответствующую окись из диэтилсульфида, окисляя последний не дымящей, а слабой азотной кислотой. Эти исследования А. М. Зайцева были проведены в Марбургской лаборатории, а исследования, намеченные выше, уже после возвращения в Россию, в химической лаборатории Казанского университета [6]. Подробное сообщение обо всем цикле этих работ А. М. Зайцев опубликовал в «Ученых записках Казанского университета» [7]****. Здесь уже говорится о том, что намеченная программой автором выполнена: получена как окись диметилсульфида («окись сернистого мафила», по терминологии того времени), так и окись диэфилсульфида, как и предполагалось, при окислении этого сульфида слабой азотной кислотой. А. М. Зайцев упоминает, что Офеле окислял диэтилсульфид также и слабой азотной кислотой, но получил некристаллизирующуюся жидкость, которая при дальнейшем

* Впоследствии выяснится, что вместо «амил-» и «бутил-» правильнее говорить здесь об «изоамил-» и «изобутилсульфидах».

** Так как химики-органики первой половины XIX в. гораздо лучше изучили спирты, чем углеводороды, то во времена господства дуалистических теорий спирты рассматривали как соединение гидроксильной группы с углеводородными радикалами, которые поэтому и получили название алкогольных радикалов.

*** Перед фамилией Зайцева в этом сообщении стоит уже Dr., т. е. к этому времени он получил, следовательно, диплом доктора философии Лейпцигского университета.

**** Вслед за сообщениями А. М. Зайцева в этом приложении к очередному выпуску «Ученых записок» за 1867 г. опубликована и большая статья А. М. Бутлерова о результатах его работы над триметилкарбинолом, изобутаном и изобутиленом.

окислении давали диэтилсульфон. Однако состав этой жидкости Офеле установить не удалось. С. Н. Реформатский отмечает, что за год до работы Зайцева Каур во Франции в статье «Исследования органических радикалов», в которой он еще пользовался эквивалентными знаками для серы и кислорода, сообщил, что при действии окиси серебра на продукт взаимодействия диметилсульфида и брома получил «оксид», которому придал формулу $S_2 \begin{cases} \text{Me} \\ \text{O}_2 \end{cases}$. Однако об этом «оксиде» у Каура сказано

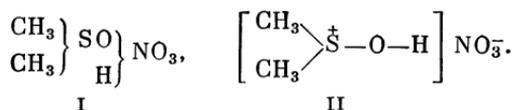
мимоходом и его работа А. М. Зайцеву осталась неизвестной¹². Как бы там ни было, за А. М. Зайцевым остается неоспоримая заслуга открытия «нового ряда органических сернистых соединений».

Свою работу А. М. Зайцев представил в Казанский университет в качестве магистерской диссертации. В отзыве об этой работе А. М. Бутлеров и В. В. Марковников писали: «...Опыты г. Зайцева разрешают несколько интересных вопросов науки. Много лет спустя после того как Мичерлих открыл сульфобензил, или [ди]фенилсульфон, Ф. [фон] Ефеле приготовил эфилсульфон. Оба эти представителя тиокетонов*, один для ароматических, другой для предельных веществ, представляют серу на той степени соединения, на которой она находится в серном ангидриде; соответствующих соединений с серой менее окисленной, подобно тому как она находится в ангидриде сернистом, не доставало. Г. Зайцеву посчастливилось найти эти последние вещества, названные им окисями тиоэфиров. Первые опыты его показывали значительное различие между содержанием сернистого эфила и сернистого эфила к азотной кислоте. С особенным терпением г. Зайцев сумел найти условия, при которых это различие сглаживается; он приготовил как окись сернистого эфила, еще не достававшую после исследований Ф. Ефеле, так и эфилсульфон, вместо которого у него сначала получилась только окись. Получение окиси сернистого эфила в чистом состоянии, годном для анализа, потребовало особенных приемов, и нельзя не отдать справедливости искусству, с которым г. Зайцев дошел до них. Исследование это пополнило далее ту аналогию, которая при-

* Точнее, аналогов тиокетонов¹³. В учебниках иногда ошибочно приписывают открытие сульфонов также А. М. Зайцеву¹⁴.

знается между серою, селеном и теллуrom: им получена азотнокислая окись сернистого маффила, вещество из ряда соединений, известного для теллура и селена, но еще оставшегося неоткрытым для серы. Вообще опыты г. Зайцева отличаются точностью, а результаты — определенностью. Все это приводит нас к заключению, что труд его, как самостоятельное исследование, заслуживает полное одобрение»¹⁵.

А. М. Бутлеров и В. В. Марковников в этом отзыве обращают внимание на получение А. М. Зайцевым также соединения окиси диметилсульфида с азотной кислотой. Сам А. М. Зайцев проводил здесь аналогию с образованием азотнокислого аммония, как это для аналогичных соединений с азотной кислотой окисей диэтилселинида и диэтилтеллурида сделал Кольбе. Как писал А. М. Зайцев, окись диметилсульфида «обладает до известной степени основным характером» [7, с. 18]. Объяснение этого свойства сульфокисей, а также некоторых других нельзя было дать с помощью представлений, которыми руководствовался А. М. Зайцев и вообще химики XIX в., принимавшие в сульфокисях существование двойной связи S=C и, следовательно, четырехвалентной серы. Связь эта в сульфокисях семиполярная, и соединения их с сильными кислотами построены не по типу соединений аммония, как это изображал А. М. Зайцев формулой (I), а по типу сульфониевых солей (II):

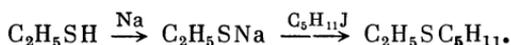


Следует отметить, что А. М. Зайцев для своих исследований впервые получил дибутилсульфид и амилэтилсульфид. «Чистый» дибутилсульфид, полученный по реакции между бутилхлоридом и сульфидом калия, перегонялся, однако, в интервале температур 176—185°. Таковы были критерии чистоты и индивидуальности органических соединений в 60-х годах XIX в. Амилэтилсульфид А. М. Зайцев приготовил по схеме



При этом выяснилось, что по своим константам его продукт отличается в значительной степени от полученных

ранее Кариусом и Линнеманом амилэтилсульфидов. Поэтому, как пишет А. М. Зайцев, «было бы не лишним интереса» получить амилэтилсульфид по схеме



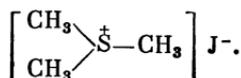
Эта работа была проведена М. М. Зайцевым¹⁶. При этом отпала гипотеза о том, что возможная изомерия объясняется различием в природе единиц сродства серы, — гипотеза, от которой Бутлеров отказался уже в 1863 г.

Из рассмотренной статьи А. М. Зайцева, опубликованной в «Ученых записках Казанского университета» [7], видно, что в его теоретических представлениях совершился после возвращения в Казань существенный поворот. Если в прошлом, в первых своих работах, он полностью опирался на теоретические взгляды Кольбе, а в следующих статьях перешел от ортодоксальных формул Кольбе к его же, но модернизированным формулам, в которых символы элементов, отвечавшие эквивалентам, заменены символами, соответствующими атомным весам элементов*, то в магистерской диссертации он уже полностью стоит на позициях теории строения Бутлерова и с этих позиций формулирует понятие об «органических соединениях серы» как о таких соединениях, в которых последняя связана своими единицами сродства непосредственно с углеродом. В общем виде А. М. Зайцев вслед за Бутлеровым определяет «металлоорганические» (в том числе и сернистые) соединения так: «к органическим соединениям каждого избранного элемента принадлежат только те углеродистые соединения этого элемента, в которых последний связан с углеродом непосредственно» [7, с. 3].

В области серосодержащих органических соединений А. М. Зайцев, а особенно его ученики выполнили еще несколько работ. Сам А. М. Зайцев [5, 8] пытался действием подистого метила на амилэтилсульфид получить сернистое соединение с тремя различными радикалами, соединенными с серой, но вместо этого, как он предпо-

* Показательно, что сам Кольбе, реферируя работы практикантов в своей лаборатории и особенно подробно А. М. Зайцева, пишет формулы «по-старому», диэтилсульфид: $\left. \begin{matrix} C_4H_5 \\ C_4H_5 \end{matrix} \right\} S_2O_2$
и т. п.¹⁷

лагал, в результате образования диметилсульфида (и одновременно подистых амила и этила) и соединения его с иодистым метилом, он получил «иодистый триметилсульфин»*. Именно это соединение является аналогом производных аммония и ему должна быть приписана формула сульфониевого основания



К. Лукашевич (1868) под руководством А. М. Зайцева (техническая лаборатория Казанского университета) изучил действие окислителей к тиоуксусному эфиру и тиоуксусному ангидриду, он же и сам А. М. Зайцев исследовали отношение к окислителям диэтилдисульфида и других производных двухвалентной серы. «Законность», выведенная из этих исследований была такова: «Органические соединения двухэквивалентной серы, в которых углеродные паи, соединенные непосредственно с серой, связаны только с водородом, способны прямо переходить, без распада, в соединения серы с высшей эквивалентностью, соединения же, в которых вышеопределенные углеродные паи связаны с кислородом, не способны к такому переходу» [10, с. 53—54]. Так же не способны к такому переходу соединения, в которых имеются два атома серы, связанные друг с другом. Опыты А. М. Зайцева показали, кроме того, что при взаимодействии диэтилсульфида с иодистым этилом происходит отщепление одного атома серы и образование «триэтилсульфина», связанного с галогеном.

А. М. Зайцев совместно с Н. Грабовским и Н. Грабовский отдельно¹⁹ исследовали свойства изомерных дибутилсульфидов и в первую очередь производных нормального бутила и тем самым косвенно выяснили причину расхождений данных А. М. Зайцева с данными относительно дибутилсульфидов у Кариуса и Линнемана. Оказалось, кроме того, как пишут Н. И. Грабовский и А. М. Зайцев в заключение, что ранее исследованный А. М. Зайцевым «бутилсульфид» представляет собою в действительности диизобутилсульфид с температурой кипения 172—173°. Отсюда следует, что первоначально имевшийся в его руках продукт был не вполне

* У С. Н. Реформатского ошибочно «триметилсульфон»¹⁸.

чист и, следовательно, свойства и продукты его окисления несколько отличаются от тех, которые были найдены теперь. Обращает на себя внимание и типичная для приверженцев теории строения постановка вопроса, резко отличающаяся от того чисто эмпирического подхода, который был у А. М. Зайцева в начале его работы с органическими соединениями серы. Статья Н. И. Грабовского и А. М. Зайцева начинается так: «Всестороннее изучение изомерных веществ представляет, бесспорно, единственно верный путь для вывода закономерностей относительно влияния различного строения тел на ход их превращений и на изменение в их физических свойствах. Сознывая важность этого положения для развития теоретической химии, мы поставили себе задачу подвергнуть сравнительному изучению возможно большее число сернистых производных изомерных бутильных алкоголей» [17, с. 29]. Далее авторы пишут, что они сообщают лишь о первой части своих исследований. Вторую часть составила упомянутая работа Н. Грабовского. На этом изучение органических производных серы в лаборатории А. М. Зайцева закончилось. Н. И. Грабовский, как видно из письма А. М. Зайцева к А. М. Бутлерову от 29 сентября 1875 г.²⁰, перешел на работу на завод Крестовниковых в Казани, а сам А. М. Зайцев к этому времени переключился на другую тематику, еще в большей степени связанную с проблемами теории химического строения, требовавшими экспериментального решения. Эта новая тематика наметилась в докторской диссертации А. М. Зайцева.

Докторская диссертация

Докторская диссертация А. М. Зайцева вышла отдельным изданием в Казани в 1870 г. В те времена в отличие от ныне существующего порядка содержание диссертации, по-видимому, не должно было предварительно излагаться в журнальных статьях. Однако часть своей работы, посвященную способу превращения карбоновых («жирных») кислот в спирты, А. М. Зайцев доложил на Втором съезде русских естествоиспытателей в Москве на первом же заседании секции химии, проходившем под председательством А. М. Бутлерова 22 августа (ст. ст.) 1869 г. Сообщение А. М. Зайцева в виде краткой про-

токольной записи нашло отражение в Трудах съезда²¹, а также в отчете о заседании химической секции съезда в только что созданном «Журнале Русского химического общества»²². Эта запись такова: «Доцент Казанского университета Александр Мих. Зайцев сделал сообщение о результатах своих исследований над новым способом для перехода от кислот к алкоголям и получением (sic!) нормального бутильного алкоголя. Действуя сухой амальгамой натрия на смесь хлорангидридов кислот жирного ряда с кислотами, соответствующими этим хлорангидридам, он получил соответствующие алкоголи. Например, из хлористого ацетила и уксусной кислоты ему удалось получить эфирный алкоголь. Соответствующим образом он получил и нормальный бутиловый алкоголь».

Видимо, после выступления А. М. Зайцева на Московском съезде естествоиспытателей Н. А. Меншуткин в качестве секретаря «Журнала Русского химического общества» обратился к своему казанскому коллеге с предложением опубликовать его сообщение на страницах журнала. По этому поводу А. М. Зайцев писал А. М. Бутлерову (письмо от 15 февраля 1870 г.): «Н. А. Меншуткин просит меня дать позволение для напечатания статьи «О восстановлении кислот» в журнале Хим. общ., но я не знаю, что ответить ему на это лестное для меня предложение, так как этой работой мне хотелось бы воспользоваться с корыстной целью — для приобретения докторства; я боюсь, именно, что, напечатав работу на русском языке, потеряю право представить ее диссертацией. Будьте так добры — не откажитесь дать за меня ответ Н. А. Меншуткину, печатать или нет эту работу. Мне было бы очень приятно знать Ваше мнение об этой работе, считаете ли Вы ее достаточной для докторской диссертации»²³.

Очевидно, А. М. Бутлеров не посоветовал публиковать эту статью А. М. Зайцева в «Журнале Русского химического общества». Однако перед Съездом А. М. Зайцев послал уже предварительное сообщение в «Zeitschrift für Chemie» [9] — журнал, в котором почти с самого его основания активное участие принимали русские химики и особенно А. М. Бутлеров²⁴. Там же по ходу работы А. М. Зайцева были опубликованы им и две другие аналогичные заметки [11, 12]. Что же касается вопроса о достаточности работы для докторской диссертации, от-

НОВЫЙ СПОСОБЪ ПРЕВРАЩЕНІЯ ЖИРНЫХЪ КИСЛОТЪ

ВЪ СООТВѢТСТВУЮЩІЕ ИМЪ АЛКОГОЛИ.

НОРМАЛЬНЫЙ БУТИЛЬНЫЙ АЛКОГОЛЬ

(ПРОПИЛ-КАРБИНОЛЬ)

и его

ПРЕВРАЩЕНІЕ ВО ВТОРИЧНЫЙ БУТИЛЬНЫЙ АЛКОГОЛЬ

(МЭФИЛ-ЭФИЛ-КАРБИНОЛЬ).

Александра Зайцева.



КАЗАНЬ.

Печатано въ типографіи - и литопр. К. А. Тилин.

1870.

Титульный лист докторской диссертации А. М. Зайцева

вет А. М. Бутлерова неизвестен, но фактически докторская диссертация, опубликованная отдельным изданием [13], состоит не только из той части, которая была доложена А. М. Зайцевым на Съезде русских естествоиспытателей, но и из части, посвященной изучению изомерии бутиленов.

Лучше всего представление о цели и структуре диссертации А. М. Зайцева можно получить из его предисловия к ней. Поэтому, принимая во внимание библиографическую редкость этого издания, мы приводим ниже это предисловие полностью:

«Успехи химии за последнее пятилетие значительно расширили круг наших теоретических познаний. В настоящее время, исходя из атомности элементов, мы можем находить теоретически возможные случаи химического строения частицы соединений; судя же по составу и строению, — иногда даже и предсказывать направление реакций неоткрытых еще веществ. Мало того, мы иногда в состоянии делать заключения о способности существовать в действительности одних соединений и о неспособности к этому других, кажущихся возможными с точки зрения атомности и строения, и делать выводы относительно влияния элементов, заключающихся в соединении, на ход превращения этого соединения; а эти последние выводы делаются источником новых законов относительно взаимного влияния элементов в химических соединениях.

Не отрицая громадной пользы таких успехов нашей науки, нельзя, однако, не сознаться в том, что не всегда еще мы можем проsvрить на деле наши теоретические выводы, а именно по недостатку хороших способов для приготовления материала, необходимого для исследования. Нужно сознаться, что очень нередко мы не умеем приготовить материала для исследования не только малоизученных разрядов соединений, но даже и таких, которые были уже давно и довольно много исследуемы. Для получения первичных алкоголей жирного ряда, представляющих, без сомнения, один из более изученных разрядов химических соединений, по настоящее время не было еще известно хорошего способа. Вследствие этого мы хорошо знали почти только первичные алкоголи, образующиеся при брожении, тогда как довольно давно предсказанные теорией настоящие гомологи мэфильного, эфильного и нормального пропильного алкоголей, знакомство с которыми, я думаю, было бы не лишено интереса как с химической, так и с физической стороны, — до сих пор оставались еще неизвестны.

На основании сказанного мне казалось довольно важным предпринять ряд опытов, направленных к отысканию хорошего способа для приготовления первичных алкоголей вообще, чтобы пополнить указанный пробел в 4-м гомологическом ряду. Мой интерес — приготовить нормальный бутильный алкоголь — заключался главным образом в том, чтобы проверить теорию, которая предсказывала его существование, и, вместе с тем, изучить происходящий из него бутилен с целью установить для него формулу строения и проверить поставленные В. В. Марковниковым положения: а) что *нормальные гомологи эфильного алкоголя, выделяя частицу воды, не могут переходить в нормальные*

гомологи этилена $n(\text{C}_n\text{H}_2)$ » и что б) «при соединении углеводородов ряда C_nH_{2n} с иодоводородом иод присоединяется к наименее гидrogenизированному углеродному яю».

Таким образом, при своих исследованиях я имел в виду две главные цели: а) найти практический способ для приготовления первичных алкогелей, чтобы применить его для приготовления нормального бутильного алкогеля и б) исследовать происходящий из этого алкогеля бутилен. Согласно с этим предлагаемое мною сочинение распадается на две части: в первой части — после теоретических указаний о возможных видоизменениях бутильного алкогеля и исторического очерка развития наших знаний об этих алкогелях — излагаются опыты, направленные к отысканию способа превращения жирных кислот в соответствующие им алкогели, и способ получения нормального бутильного алкогеля, а во второй части описываются способ приготовления бутилена из нормального алкогеля и реакция этого бутилена с иодоводородом и хлорноватистой кислотой.

Преследуя свою вторую цель, в продолжении не более одного месяца, если я и успел что-либо сделать, то единственно благодаря содействию брата моего М. М. Зайцева».

Отметим здесь же, что, публикуя свою диссертацию (без процитированного выше предисловия) на немецком языке в виде двух статей [14, 15], вторую из этих статей, соответствующую второй части диссертации, А. М. Зайцев печатает как совместную работу с М. М. Зайцевым.

Перейдем теперь к более подробному изложению результатов, полученных А. М. Зайцевым и описанных им в докторской диссертации.

Первая часть диссертации А. М. Зайцева, как мы уже знаем, посвящена получению нормального бутильного спирта. Именно этого спирта недоставало в ряду теоретически возможных бутильных спиртов. А. М. Зайцев подробно на первых страницах диссертации останавливается на истории открытия и изучения этих спиртов. Вкратце их история такова²⁵. Изобутиловый спирт был получен Вюрцем (1852 г.) из продуктов спиртового брожения (сивушного масла). Его долго принимали за нормальный бутильный спирт (например, Бутлеров в 1865 г. во «Введении»), пока Эрленмейер (1867) не показал, что этот спирт превращается при окислении в изомаляную кислоту, строение которой было уже ус-

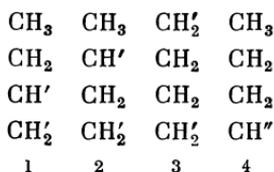
тановлено. Третичный бутиловый спирт, предсказанный Кольбе (1860), был получен Бутлеровым (1864). Вторичный спирт получил де Люинь (1864) действием иодоводородной кислоты на четырехатомный спирт эритрит $C_4H_6(OH)_4$. Правда, де Люинь, вслед за Вюрцем, принял его за особую разновидность спиртов, представляющих, так сказать, молекулярное соединение бутилена и воды. Либен окислением этого спирта до кетона показал, что он является вторичным, а А. М. Бутлеров и М. Осокин (1868) синтезировали этот спирт способом, не оставляющим сомнения в его строении. Бутлеров в немецком переводе «Введения к полному изучению органической химии» (1867), так же как и А. М. Зайцев в своей диссертации, отмечает, что нормальный бутиловый спирт, вероятно, был получен уже «двойным разложением однохлоренного диэтила C_2H_5
 CH_2 (Schöyen)»²⁶.

Работа Шёйна относится к 1864 г., но Шёйн продукт этого взаимодействия не исследовал, даже не определил его элементный состав. По замыслу А. М. Зайцева, надо было в первую очередь найти способ получения первичных спиртов из таких наиболее доступных в то время соединений, как кислоты. А. М. Зайцев начал с попыток восстановления уксусной кислоты до этилового спирта, однако все эти попытки закончились неудачей. Тогда в качестве исходного продукта он обратился к хлористому ацетилу, а в качестве вещества, выделяющего при взаимодействии с амальгамой натрия необходимый для восстановления водород, взял «ледяную» уксусную кислоту. Способ этот оправдал себя, и А. М. Зайцев для получения первичного бутилового спирта использовал в качестве исходных продуктов хлористый бутирил и нормальную масляную кислоту. При этом в результате восстановления образовывался сложный эфир $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_2CH_2CH_3$, подвергавшийся затем омылению. Что при этом в конечном результате получался искомый бутиловый спирт, доказывалось его окислением в масляный альдегид и в масляную кислоту. Таким образом, А. М. Зайцев приготовил предсказываемый теорией (Бутлеров) четвертый представитель бутиловых спиртов и показал его отношение к окисляющим веществам. Правда, почти одновременно с А. М. Зайцевым

в том же 1869 г., Либен и Росси²⁷ сообщили о том, что им удалось получить первичный бутиловый спирт восстановлением масляного альдегида.

Вторая задача, стоявшая перед А. М. Зайцевым, состояла в изучении бутилена, получаемого из нормального бутилового спирта, но не непосредственно, а через иодистый бутил. А. М. Зайцев (точнее, как уже было упомянуто, говорить здесь везде: А. и М. Зайцевы) приготовил последний действием на бутиловый спирт иода и фосфора [15]. «Иодюры», отвечающие другим изомерным бутиловым спиртам, как было известно, обладают способностью при действии спиртового раствора едкого кали легко распадаться на иодоводород и бутилен. Нормальный бутилиодид, однако, представляет исключение: он распадается, как писал А. М. Зайцев в диссертации, «довольно трудно и мало дает бутилена» [13, с. 28].

А. М. Зайцев рассматривает четыре возможных варианта строения бутилена, получаемого из иодистого нормального бутила:



Не следует удивляться необычности этих формул — в те времена вопрос о распределении «единиц сродства» в непредельных соединениях и, в частности, в углеводородах далеко не был решен однозначно. Правда, уже Марковников в своей знаменитой докторской диссертации «Материалы по вопросу о взаимном влиянии атомов в химических соединениях» (1869) опровергал предположение о том, что в непредельных соединениях существуют атомы двухвалентного углерода (как в формуле 4 у А. М. Зайцева), и он же заключил, что, по всей вероятности, при отщеплении элементов воды или галогеноводородов от соответствующих гидроксильных или галогенопроизводных углеводородов эти элементы отщепляются от соседних атомов углерода²⁸ (что сразу говорит в пользу формулы 1 для бутилена, полученного А. М. Зайцевым).

Бутлеров в том же 1869 г. истолковал сформулированное Марковниковым вышеприведенное положение как указание на то, что в неопределенных соединениях углеродные атомы «вдвойне связаны один с другим»²⁹, но лишь в 1870 г. опубликовал свое обстоятельное исследование «О химическом строении некоторых неопределенных углеводородов». Рассматривая в нем все варианты строения неопределенных углеводородов, в том числе и такие, как в приведенных выше формулах бутиленов, А. М. Бутлеров приходит к выводу о том, что лишь предположение о существовании в неопределенных соединениях углеродных атомов, «связанных между собою вдвойне или втройне», наиболее соответствует «современному состоянию фактических знаний, [является] годным для того, чтобы руководствоваться им при теоретических суждениях об изомерии неопределенных углеродистых частиц, и заслуживающим ближайшего рассмотрения и опытной проверки»³⁰. Сам Бутлеров в названной работе как раз и дал подтверждение такому предположению, исследуя, в частности, отношение к окислению изобутилена. Собственно, исследование А. М. Зайцева посвящено той же задаче.

А. М. Зайцев для изучения своего бутилена воспользовался уже известными методами: действием на него иодистого водорода и хлорноватистой кислоты, с дальнейшим превращением полученного иодида или хлоргидрина при замещении галогена на водород в спирт. Правда, если бы при этом получался снова первичный бутиловый спирт, то вопрос о том, какая из четырех приведенных формул отвечает действительно его бутилену, оставался бы открытым.

Такие же трудности, как с получением бутилена из иодистого бутила, возникли у А. М. Зайцева и при осуществлении обратной реакции — соединения его бутилена с иодоводородом. В. В. Марковников писал А. М. Бутлерову (письмо от 13 января 1870 г.): «Зайцев получает очень мало бутилена из нормального алкоголя, и бутилен этот не хочет соединяться с HI, что для меня очень неприятно»³¹. Марковникова можно понять: ведь речь шла между прочим и о проверке установленного им правила о порядке присоединения частиц галогеноводородов к неопределенным углеводородам.

Однако, несмотря на трудности, А. М. Зайцеву уда-

лось провести обе названные реакции и в обоих случаях получить в конечном результате вторичный бутиловый спирт. Таким образом, из приведенных выше формул две, 3 и 4, отпали. Однако в выборе между формулами 1 и 2 установленный факт не мог помочь. Здесь приходилось опираться на обобщение опытных данных по строению непредельных углеводородов, в частности в работах А. М. Бутлерова (хотя упомянутая статья А. М. Бутлерова еще не вышла в свет). А. Зайцев пишет: «...мы невольно приходим к заключению, что к существованию в действительности способны только такие углеводороды ряда C_nH_{2n} , у которых свободное сродство принадлежит не одному, а двум углеродным атомам и, вместе с тем, двум соседним углеродным атомам... или если мы, вместе с А. М. Бутлеровым, не будем принимать в полном смысле слова свободного сродства, то этот вывод можно формулировать так, что к существованию в действительности способны только такие углеводороды ряда C_nH_{2n} , у которых два соседних углеродных атома находятся между собою в двойной связи» [13, с. 43]. А. М. Зайцев в пользу формулы 1 для полученного им бутилена ссылается также и на правило Марковникова о выделении элементов галогеноводородов от соседних атомов углерода в галогенопроизводных углеводородах. И Марковников в своей докторской диссертации³² прямо указывал на то, что из нормального бутилового спирта образуется бутилен, отвечающий формуле 1. А. М. Зайцев в своих выводах отмечает, что «факт образования иодистого вторичного бутила из бутилена нормального алкоголя и иодоводорода подтверждает мнение В. В. Марковникова, что при присоединении иодистого водорода к непредельным углеводородам, несимметрично построенным, иод присоединяется всегда к наименее гидрогенизированному углеродному паю» [13, с. 46—47]. И далее: «Факты, полученные мною при исследовании бутилена, подтверждают мнение В. В. Марковникова³³, что нормальные гомологи эфилного алкоголя, выделяя частицу воды, не могут переходить в нормальные гомологи этилена» [там же, с. 47]. Под нормальными гомологами этилена понимаются углеводороды, отвечающие формуле $(C_nH_2)_n$.

Докторская диссертация А. М. Зайцева показывает, что к моменту ее написания он был уже полностью

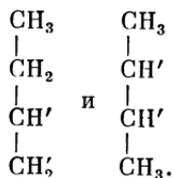
в фаворате бутлеровской школы как по теоретической постановке вопроса, так и по выбору объектов исследования. Приведем в заключение выдержку из отзыва В. В. Марковникова об этой диссертации А. М. Зайцева, которая, бесспорно, по своей широте и оригинальности взглядов и даже по объему экспериментальной работы значительно уступила докторской диссертации самого В. В. Марковникова, защищенной в том же Казанском университете годом раньше. Тем интереснее довольно сдержанный отзыв В. В. Марковникова на диссертацию А. М. Зайцева. По поводу первой части ее В. В. Марковников писал: «...Несбывшиеся надежды некоторых химиков получить известные члены из ряда алкоголей, существование которых предсказывала теория, скоро породили в них сомнения в справедливости в этих случаях теории. Это заставило других с усиленным старанием заняться разрешением вопроса, что и было ими достигнуто. Теория оказалась права. Работа г. Зайцева принадлежит к этой последней категории».

О второй части диссертации А. М. Зайцева В. В. Марковников высказывается более обстоятельно: эта часть «содержит исследования, направленные к определению строения как бутилена, происходящего из нормального бутильного алкоголя, так и продукта его соединения с иодоводородом. Целью его было при этом, как он выразился в своей диссертации, проверить высказанный мною общий закон образования углеводородов C_nH_{2n} из алкоголей и способ их соединения с телами, состоящими из водорода и элемента или радикала электроотрицательного характера. Если не относиться к вопросу с особенным скептицизмом, то можно считать, что г. Зайцев вполне разрешил свою задачу. — Что касается интереса подобного направления исследований, то я не могу об этом распространяться. Что я считаю их особенно интересными, доказывает моя докторская диссертация, которая посвящена вопросу о взаимном влиянии атомов. Исследование происхождения и превращения бутилена представляет один из частных случаев, относящихся к этому вопросу. Из всего сказанного выше факультет усмотрит, конечно, что я считаю представленное г. Зайцевым сочинение удовлетворяющим требованиям докторской диссертации»³⁴.

**Работы, связанные с тематикой
докторской диссертации**

В годы, последовавшие за защитой докторской диссертации, А. М. Зайцев продолжал работать в тех же двух направлениях, которые нашли в ней отражение. Одно из них — это продолжающееся изучение бутилена из первичного бутилового спирта и закономерностей, связанных с присоединением к нему иодоводорода и отщеплением элементов последнего от образовавшегося «иодюра». Другое направление — испытанное А. М. Зайцевым восстановление хлорангидридов кислот амальгамой натрия — метод, который был применен им теперь к восстановлению хлористого сукцинила.

В работах 1875 г. А. М. Зайцев вернулся к вопросу об изомерии и тождестве бутиленов, для чего мог воспользоваться теперь возможностью перехода к ним от спиртов, синтезированных с помощью цинкорганических соединений. В письме к А. М. Бутлерову от 21 сентября 1874 г. А. М. Зайцев писал: «Я и Грабовский заготовили около 500 гр. нормального бутильного алкоголя. Предполагаем поподробнее исследовать происходящий из этого алкоголя бутилен, для того чтобы навести более объяснительные справки касательно его тождества или изомерии с бутиленом де Люиня и Либена»³⁵. Н. И. Грабовский и А. М. Зайцев результаты этого намеченного исследования опубликовали в 1875 г. В этой статье они подробно останавливаются на истории изучения бутиленов. Авторы полагают, что «при настоящих наших фактических сведениях о бутиленах различного происхождения» можно с точностью определить строение только для таких из них, которым отвечает формула изобутилена*. Для остальных бутиленов нормального строения А. М. Зайцев принимает уже не четыре, а только две формулы:



* Впервые строение изобутилена было установлено А. М. Бутлеровым, получившим его действием спиртового раствора едкого кали на третичнобутилиодид (1867), хотя до этого изобутилен,

Из реакций бутиленов было изучено только превращение в метилэтилкарбинол, хотя «по теории» он мог образоваться из обоих бутиленов. «Но если наши фактические сведения о превращениях бутиленов бессильны для ответа на поставленный вопрос, то нельзя ли прийти к заключению о строении какого-нибудь из них каким-либо иным путем, например по происхождению или путем каких-либо теоретических соображений, а затем уже рядом сравнений и заключений сделать вывод и о строении бутиленов других происхождений» [25, с. 320].

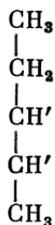
Оба эти критерия позволяют определенно установить лишь строение бутилена, отвечающего первичному бутиловому спирту, как это было сделано в докторской диссертации А. М. Зайцева. Этот вывод, однако, еще мог помочь в решении вопроса, с какими из полученных другими авторами бутиленов он тождествен или изомерен. В первую очередь представляло интерес решение вопроса об изомерии этого бутилена с бутиленом из метилэтилкарбинола. Отсюда возникла необходимость лучше изучить производные бутиленов различного происхождения. Н. И. Грабовский и А. М. Зайцев с этой целью получили и тщательно исследовали дибромид и происходящий из него «бутиловый гликол из нормального бутильного алкоголя» и продукты окисления последнего. В результате этой работы Н. Грабовский и А. М. Зайцев установили тождество дибромидов из их бутилена с дибромидом из этилвинила Вюрца (1867) и отличие его от дибромидов, полученного бромированием бутилена из метилэтилкарбинола, тождественного с «метилаллилом» Вюрца (1865). Отсюда вывод, что при образовании последнего действием диметилцинка на иодистый аллил происходит перегруппировка и вместе с тем подтверждается правило о порядке выделения элементов иодоводорода из алкилиодидов (в данном случае из «иодюра метилэтилкарбинола»).

В статье «К вопросу о порядке присоединения и выделения элементов иодистого водорода в органических соединениях» А. М. Зайцев поясняет направление работ в его лаборатории, которые относятся к «а) порядку присоединения иодистого водорода к углеводородам ряда C_nH_{2n} »

очевидно, выделили Кольбе (при электролизе валерьяновокалиевой соли, 1849) и Вюрц (дегидратацией бутилового спирта брожения, 1853).

и б) порядку выделения его элементов из иодангидридов предельных одноатомных алкоholes, т. е. подидов, получаемых замещением в спиртах гидроксила на иод.

Относительно присоединения элементов иодоводорода к различно гидрогенизированным соседним атомам углерода А. М. Зайцев соглашается с В. В. Марковниковым в том, что иод присоединяется к менее гидрогенизированному атому углерода, но ставит вопрос о порядке присоединения к одинаково гидрогенизированным атомам углерода, связанным с различно гидрогенизированными углеродными атомами. Примером такого ненасыщенного углеводорода мог служить амилен из диэтилкарбинола, полученный Е. Е. Вагнером и А. М. Зайцевым, «а потому мы, я и Е. Е. Вагнер, поставили себе задачей: определить строение названного углеводорода и затем подвергнуть обследованию реакцию присоединения к нему JH » [22, с. 290]. Результаты исследования изложены далее в двух совместных статьях с Е. Е. Вагнером [23, 24]. Авторы доказали, что их амилену отвечает строение

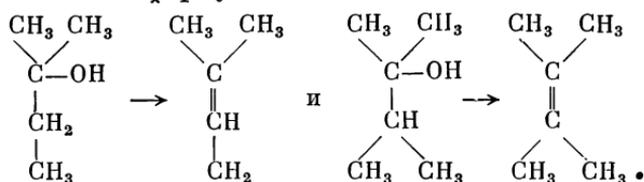


и что в частном случае, когда углеводороды имеют два одинаково гидрогенизированных «ненасыщенных» атома углерода, из которых один соединен с метилом, «галоид присоединяется к тому из «ненасыщенных углеводородных атомов, который находится в связи с радикалом метилом» [24, с. 312].

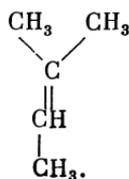
Относительно порядка отщепления элементов иодоводорода и вообще галогеноводородов А. М. Зайцев расходится с В. В. Марковниковым. Последний принял, что из двух углеродных атомов, соединенных с третьим, связанным с галогеном, менее склонен отщеплять водород менее гидрогенизированный. «Мне же казалось, — писал А. М. Зайцев, — что при условиях соседства с атомом углерода, связанным с иодом, нескольких различно гидрогенизированных углеродов будет наиболее способен терять свой водород наименее гидрогенизированный» [22,

с. 291—292]. Это и есть известное «правило Зайцева» о порядке отщепления элементов галогеноводородов от галогенопроизводных предельных углеводородов. Сформулировано оно было главным образом в результате критического анализа имевшихся литературных данных. В частности, А. М. Зайцев указывает, что, по данным Ф. М. Флавицкого, строение амилена иное, чем то, которое при выводе своего правила принимал во внимание В. В. Марковников. Но для сделанного А. М. Зайцевым вывода имели значение, конечно, результаты уже выполненных работ с Е. Е. Вагнером над амиленом из диэтилкарбинола и с Н. И. Грабовским над бутиленом из нормального бутилового спирта.

Следует, однако, заметить, что в установлении «правила Зайцева» в какой-то мере его предшественником был А. Н. Попов. В письме к А. М. Бутлерову от 30 декабря 1871 г. А. Н. Попов предлагал свою схему для окисления третичных спиртов, первой стадией которого было образование непредельных углеводородов, распадающихся далее по двойной связи. При этом А. Н. Попов³⁶ пояснил свою мысль формулами:

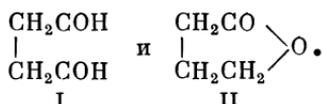


Эти свои соображения А. Н. Попов изложил на заседании Отделения химии съезда русских естествоиспытателей в Казани в 1873 г. В следующем году, реферируя свое сообщение, он иллюстрировал свои взгляды на примере окисления спирта $(\text{CH}_3)_2\text{CONH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$: «Выделяя из него элементы воды или из его галоидангидрида элементы галоидангидридной (опечатка, должно быть «галлоидоводородной») кислоты, получим олефин такого строения



При окислении его расщепление произойдет в месте двойной связи». Вряд ли эти высказывания А. Н. Попова³⁷ остались неизвестными А. М. Зайцеву, хотя он о них и не упоминает.

Описанный в докторской диссертации способ восстановления хлорангидрида масляной кислоты А. М. Зайцев применял к хлорангидриду янтарной кислоты — хлористому сукцинилу. Начало этой работы относится не позднее чем к 1872 г. [18, с. 55, прим.]. При восстановлении хлористого сукцинила А. М. Зайцев получил соединение состава $C_4H_6O_2$, хотя надо было считаться с вероятностью что ему отвечает брутто-формула $C_8H_{12}O_4$ или $C_6H_{10}O_3$. Вследствие этого надо было принять во внимание семь теоретически возможных структурных формул для этого соединения. А. М. Зайцев отобрал две наиболее вероятные:



Ряд соображений, опиравшихся на не вполне точные анализы, заставили А. М. Зайцева принять для получения им соединения формулу (I) — янтарного альдегида и отвергнуть формулу (II) — лактона γ -оксимасляной кислоты, или, по терминологии А. М. Зайцева, «ангидрида оксibuтириновой кислоты».

В письме к А. М. Бутлерову от 21 сентября 1874 г. А. М. Зайцев сообщал: «В истекшем году, посвящая почти все свободное время на работу со своими учениками, я не подвинул много вперед своей работы с янтарным альдегидом. Мне удалось только найти более благоприятные условия для большего выхода альдегида и подробнее изучить некоторые его физические свойства, однако публикованию этих исследований я отложил до накопления фактов, касающихся химической природы альдегида. Для последних исследований я уже заготовил около 30 гр. совершенно чистого альдегида»³⁸. В сентябре 1875 г. А. М. Зайцев сообщает А. М. Бутлерову: «Я исследую продукт действия PCl_5 на янтарный альдегид... На мою долю досталось... проклятое вещество: вследствие его способности несколько разлагаться при перегонках я никак не могу выбраться на истинный путь для опре-

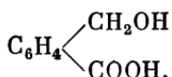
деления его состава. Для решения этого вопроса, вероятно, придется обратиться к изучению его превращений»³⁹.

В конце концов А. М. Зайцев пришел к предположительному выводу, что «при действии пятихлористого фосфора, янтарный альдегид превращается, как кажется,

в двухлоренный бутильный альдегид»⁴⁰ CH_2CHCl_2
 CH_2COH [18, с. 57,

58]. Но этот вывод для А. М. Зайцева сам по себе был решающим для того, чтобы считать полученное им соединение янтарным альдегидом. Подробное сообщение о работе над продуктом восстановления хлористого сукцинила А. М. Зайцев поместил в вышедших в 1875 г. Трудах IV Съезда русских естествоиспытателей в Казани. В этом сообщении он также отмечает, что задержка в работе произошла «вследствие незначительного выхода получаемого при реакции продукта и тех затруднений, которые встретились при определении его природы» [18, с. 36].

Одним из существенных доводов в пользу формулы (I) было для А. М. Зайцева то, что еще в 1866 г. при восстановлении хлорангидрида фталевой кислоты Кольбе и Вишин получили вещество, которое они приняли за предсказанный Кольбе фталевый альдегид⁴⁰. В 1877 г. появилась работа (Гессерт в лаборатории Байера)⁴¹, в которой продукту восстановления хлорангидрида фталевой кислоты придавалось строение



Эта работа побудила А. М. Зайцева повторить свое исследование продукта восстановления хлорангидрида янтарной кислоты. Как писал А. М. Зайцев в 1881 г.: «Хотя еще тогда был заготовлен необходимый для этого исследования материал и были сделаны с ним некоторые новые наблюдения, однако, к сожалению, отвлекаемый другими занятиями и главным образом вследствие продолжительной болезни, я мог окончить свое исследование лишь в последнее время» [39, стр. 480]. Однако в предварительном сообщении 1880 г. [37] А. М. Зайцев уже писал о том, что он изменяет свой взгляд на строение по-

лученного им продукта и признаёт его теперь «ангидридом нормальной оксибутириновой кислоты», т. е. соединением, относящимся к классу лактонов. Публикации предварительного сообщения А. М. Зайцева несколько предшествовала заметка Ю. Бредта⁴², высказавшего предположение о том, что вещество, принимавшееся А. М. Зайцевым за янтарный альдегид, в действительности представляет собой лактон. Со ссылки на заметку Бредта А. М. Зайцев и начинает свое предварительное сообщение. К этому времени Фиттиг на основании своих работ, начатых еще в 1868 г., и работ своих предшественников, в том числе и А. М. Зайцева, уже ввел понятие о лактонах⁴³ как о внутренних ангидридах оксикислот. Таким образом, хотя А. М. Зайцев и получил впервые лактон γ -оксимасляной кислоты — первый, простейший представитель этого класса соединений, однако в правильном истолковании его природы казанского химика опередили другие. В заключительных статьях цикла работ, посвященных продуктам восстановления хлористого сукцинила, А. М. Зайцев сообщает результаты своего обстоятельного исследования «бутиринового лактона» и получаемой из него «нормальной (гама) оксибутириновой кислоты» [39], а также описывает способ превращения «бутиринового лактона» в нормальную масляную кислоту [40]. Больше к этой тематике А. М. Зайцев не возвращался.

Наиболее запутанным в оценке работ А. М. Зайцева оказался вопрос об открытии им бутиролактона. А. Е. Арбузов* писал: «Генетически связаны с синтезами спиртов реакции получения непределных кислот, оксикислот и лактонов. Интересный класс органических соединений — лактоны — был открыт А. М. Зайцевым в 1873 г.»⁴⁵. Сходным образом высказывался раньше и С. Н. Рефор-

* А. Е. Арбузов в очерке, посвященном А. М. Зайцеву, называет кандидатскую диссертацию А. М. Зайцева «Об оксиях тиоэфиров»⁴⁴. В действительности это неточное название работы [4], за которую он получил степень доктора философии Лейпцигского университета, а название кандидатской диссертации: «О диамидосалициловой кислоте» [1]. К сожалению, при переиздании работ А. Е. Арбузова в цитируемом сборнике по недосмотру автора этих строк упомянутая погрешность не была оговорена.

матский: «Первая работа в этой области (оксикислот. — Г. Б.) относится к 1879 г. (по-видимому, опечатка; должно быть — 1873 г. — Г. Б.) и имеет капитальное значение, так как А. М. Зайцевым открыт был первый представитель нового класса органических соединений — лактонов, именно бутиролактон»⁴⁶. Далее С. Н. Реформатский отмечает, что А. М. Зайцев сначала принял полученное им соединение за янтарный альдегид и лишь после работ Гессерта (1877 г.) возобновил свои исследования. «Это было уже после исследований Фиттига, установившего класс лактонов»⁴⁷. Из последующей ссылки на Фиттига (но не на ту работу, в которой Фиттиг ввел термин «лактоны») и на А. М. Зайцева [39] можно заключить, что уже в 1880 и 1881 гг. между Фиттигом и А. М. Зайцевым состоялся обмен репликами. Вследствие отсутствия других точных ссылок и указанной опечатки в дате ясное представление о роли А. М. Зайцева в истории лактонов получить очень трудно. Действительную картину можно было нарисовать на основании изучения первоисточников, как это было сделано выше. Конечно, установить, что понятие о классе лактонов и самый этот термин Фиттиг ввел в начале 1880 г., было нетрудно и другим авторам, особенно специально занимавшимся историей органических соединений и их синтезов. Но стремление во что бы то ни стало отстоять «приоритет» А. М. Зайцева приводит — будем думать, невольно — к непозволительной манипуляции со ссылками⁴⁸. Работы А. М. Зайцева, где он впервые склонился к лактонной формуле продукта восстановления хлористого сукцинила, «омолаживаются» на два года. Заметка [37] датируется не 1880, а 1878 г. (в литературной ссылке сохраняется название журнала и страница, а год издания и том соответствующим образом изменяются), то же сделано и с работой [39].

Задача историка химии, работающего над очерком жизни или деятельности выдающегося представителя науки, состоит в том, чтобы нарисовать правдивый образ своего героя, снять искажающую ретушь, правильно распределить свет и тени. Это значит, например, не только показать, почему А. М. Бутлерова следует считать основоположником теории химического строения, но и почему его не следует считать основоположником стереохимии, хотя такие высказывания появлялись в литера-

туре. Возникновение и становление казанской школы химиков — этого уникального явления в истории русской науки — требует точного описания научной деятельности ее представителей, в том числе и А. М. Зайцева.

Глава 2

Цинкорганический синтез соединений ациклического ряда

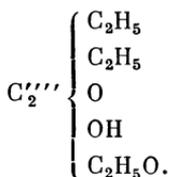
Цинкорганический синтез

Работы А. С. Зайцева по цинкорганическому синтезу спиртов ациклического ряда явились продолжением и развитием методов его предшественников, в первую очередь А. М. Бутлерова и некоторых его учеников по Казанскому университету¹.

Цинкорганические соединения (цинкдиалкилы)² впервые были получены Франкландом в 1849 г. Еще в 1853 г. Кьонца высказал предположение, что благодаря высокой реакционной способности цинкдиалкилы могут быть использованы в органическом синтезе. В частности, он предполагал, что при взаимодействии хлористого ацетила с «цинкметилом» ZnC_2H_3 (где символы углерода и цинка отвечают весам их эквивалентов, вдвое меньшим, чем атомные веса) можно получить ацетон. Эта реакция была осуществлена Фрейндом в 1861 г.

После этого были изучены реакции цинкдиалкилов с другими исходными продуктами. А. М. Бутлеров вместо хлористого ацетила применил для взаимодействия с цинкдиметилом хлорангидрид угольной кислоты, и эта работа, о которой подробнее будет сказано далее, была первой в длинном ряду синтезов с помощью цинкорганических соединений, выполненных самим А. М. Бутлеровым и его учениками в Казани и Петербурге³. Франкланд сообщил о синтезе этилового эфира «изолейциновой» кислоты: $(C_2H_5)_2COHCOOC_2H_5$ из этилового эфира щавелевой кислоты и цинкдиметила. Английский химик еще не пользовался структурными формулами ни в 1863 г., когда он делал это свое первое сообщение, ни позднее,

когда он вместе с Дуппой описал свои результаты в более подробной статье. Так формула «изолейцинового» эфира у Франкланда имела вид:



Истинный ход реакции Франкланда с помощью формул химического строения был разъяснен А. М. Бутлеровым в специальной статье в 1864 г.⁴

Рит и Бейльштейн в 1863 г. описали свои опыты по взаимодействию цинкдиалкилов с альдегидами и ацетоном. Реакция уксусного альдегида с цинкдиэтилом привела, как они полагали, к получению ацеталя $CH_3CH(O C_2H_5)_2$, а в остальных случаях они получили продукты «уплотнения» (конденсации). Как показал в 1876 г. Е. Ф. Вагнер⁵, работавший в то время в Петербургской лаборатории А. М. Бутлерова и повторивший опыты Рита и Бейльштейна, при взаимодействии уксусного альдегида с диэтилцинком образуется не ацеталь, а метилэтилкарбинол $CH_3CHONC_2H_5$.

А. М. Бутлеров в упомянутой работе, учитывая результаты опытов Фрейнда, предполагал получить при взаимодействии цинкдиметила с фосгеном либо хлористый ацетил, либо ацетон. Вместо этого он получил кристаллическое вещество, из которого при обработке водой выделил алкогольную жидкость, сначала ошибочно принятую за смесь пропилового и бутилового спиртов. Для выяснения условий, при которых образуется это вещество, А. М. Бутлеров обратился снова к реакции между хлористым ацетилом и цинкдиметилем и, варьируя ее условия, установил, когда образуется ацетон, как и в опытах Фрейнда, и когда кристаллическое вещество. А. М. Бутлеров также установил (1864), что получаемая из этого вещества алкогольная жидкость представляет собой не смесь пропилового и бутилового спиртов, а первый представитель третичных спиртов — триметилкарбинол $(CH_3)_3COH$. Синтезировав из соответствующих хлорангидридов кислот и диалкильных производных цинка гомологи триметилкарбинола — метилдиэтил-, пропилдиме-

тил- и пропилдиэтилкарбинолы, А. М. Бутлеров доказал общность реакции* между хлорангидридами кислот для получения третичных спиртов. В то же время в его лаборатории А. Н. Попов применил реакцию между теми же исходными продуктами для получения различных кетон-ов, усовершенствовав при этом метод Фрейнда⁶. Существенным было наблюдение А. М. Бутлерова, что реакция ацетона с цинкдиалкилами не приводит к образованию третичных спиртов. Все это позволило разобраться в общей схеме их образования, которая сводится к тому, что в хлорангидридах кислот RCOCl кислород замещается на две группы R^1 из R^1_2Zn , а затем уже в последнюю стадию при разложении водой образовавшегося продукта происходит замена хлора на гидроксил. Опираясь на эти выводы, А. М. Бутлеров разъяснил, как упоминалось, протекающее по аналогичной схеме образование «изолейцинового» эфира у Франкланда.

По примеру синтеза «изолейцинового эфира» Франкланд и Дуппа (1865—1867) синтезировали другие эфиры, а из них оксикислоты общей формулы $\text{R}_1\text{R}_2\text{CONCOOH}$ при взаимодействии щавелевого эфира с амальгамой цинка и алкилиодидами. Последняя деталь их синтезов представляет методически важное упрощение по сравнению с синтезами А. М. Бутлерова и его учеников, применявших диалкильные производные цинка. Впоследствии В. В. Марковников (1874) применил методику Франкланда и Дуппы для синтеза еще ряда изогомологов гликолевой кислоты.

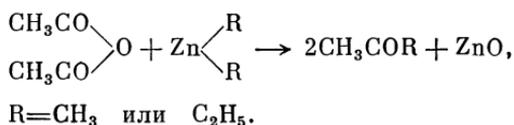
«Этими работами, — как пишет В. И. Есафов⁷, — завершается первый этап развития синтезов с цинкорганическими соединениями, который характеризовался с экспериментальной стороны синтезами кетон-ов и третичных алкоголей на основе хлорангидридов органических кислот и замещенных гликолевых кислот на основе щавелевого эфира, а с теоретической стороны — установлением общей схемы процесса, предложенной А. М. Бутлеровым, и априорным признанием равноценности действия готовых цинкалкилов и смесей иодистых алкилов с цинком.

Второй этап всецело связан с работами учеников А. М. Бутлерова».

* Пропилдиметилкарбинол был синтезирован в лаборатории А. М. Бутлерова А. Н. Поповым.

Далее мы рассмотрим направление, которое определялось главным образом работами А. М. Зайцева и некоторых его сотрудников в Казани, оставив в стороне, кроме эпизодических упоминаний, работы, выполненные в бутлеровской лаборатории в Петербурге.

Первые цинкорганические синтезы, выполненные в лаборатории А. М. Зайцева, принадлежали его брату и ученику Михаилу, на протяжении всей своей жизни остававшемуся его ближайшим другом и сотрудником. М. М. Зайцев (1868) испытал действие сначала алкильных производных цинка, а затем метил- и этилиодидов и цинкнатрия на уксусный ангидрид и при этом получил ацетон и метилэтилкетон



Эта работа * свидетельствует о попытках в лаборатории А. М. Зайцева использовать для синтеза цинкорганические соединения в новых сочетаниях. Одна из таких попыток увенчалась блестящим успехом. Началась плодотворная полоса знаменитых цинкорганических синтезов предельных и непредельных спиртов ациклического ряда.

Предельные одноатомные спирты

В 1873 г. студент Е. Е. Вагнер испробовал в лаборатории А. М. Зайцева в качестве вещества, участвующего в реакции с цинкорганическими соединениями, этиловый эфир муравьиной кислоты. И уже в декабре 1873 г. А. М. Бутлеров от имени Е. Е. Вагнера и А. М. Зайцева доложил на заседании Русского химического общества⁹ о том, что ими при действии цинка на смесь этого эфира с иодистым этилом удалось получить амиловый спирт, который, судя по его происхождению, представляет собою диэтилкарбинол (C₂H₅)₂СНОН.

К идее применить в цинкорганическом синтезе этиловый эфир *муравьиной* кислоты Е. Е. Вагнера и

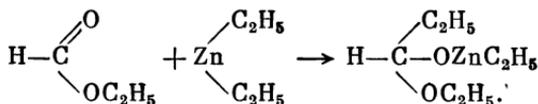
* Впервые доложена на Втором съезде русских естествоиспытателей в Москве в 1869 г. и опубликована в трудах съезда, а также в Журнале Русского химического общества⁸.

А. М. Зайцева, как они писали в своей подробной статье [20], привел логический анализ опытов Франкланда и Дуппы. Возникал естественный вопрос, почему в щавелевом эфире в условиях их опытов замещался на алкильные радикалы кислород лишь в одной из двух групп >C=O . «Мы думаем, что кислород второй карбонильной группы в щавелевых эфирах не замещается на углеводородные радикалы, что реакция происходит здесь не сразу, а поэтому после замещения углеводородными радикалами кислорода первой карбонильной группы уже вводится условие, не благоприятствующее дальнейшему замещению» [20, с. 297—298].

В письме к А. М. Бутлерову от 26 декабря 1873 г. А. М. Зайцев четко сформулировал эту «законность» относительно влияния углеводородных радикалов групп на замещение кислорода в карбоксильных группах. «Как скоро в органических кислотах карбоксильная группа соединена с неорганическим радикалом (сюда относятся, следовательно, другая карбоксильная группа, как в щавелевой, или атом водорода, как в муравьиной кислоте. — Г. Б.), то кислороды ее способны при действии цинкорганических соединений замещаться на углеводородные радикалы; если же карбоксильная группа соединена с органическим, а именно углеводородным, радикалом, то указанного замещения не происходит. По крайней мере эта законность подтверждается как нашими фактами, а также и фактами содержания лейцинового эфира к цинк-эфиру, открытым Франкландом»¹⁰.

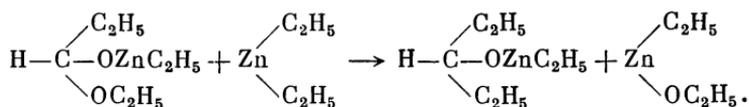
В эфирах муравьиной кислоты такого препятствия для замещения кислорода на углеводородные радикалы, ранее связанные с цинком, нет, и опыт удался, в эфирах уксусной кислоты наоборот, карбоксильная группа связана с углеводородным радикалом, и аналогичный опыт с ними привел к отрицательному результату.

Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев предложили следующую схему осуществленного ими синтеза диэтилкарбинола:



В первую стадию реагирует группа C=O , а не OC_2H_5 , иначе в качестве промежуточного соединения образова-

лись бы кетоны, которые, как было к тому времени установлено, не реагируют с цинкалками. И лишь во вторую стадию происходит замещение группы OC_2H_5 на углеводородный радикал



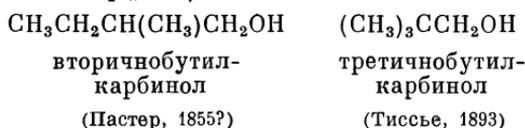
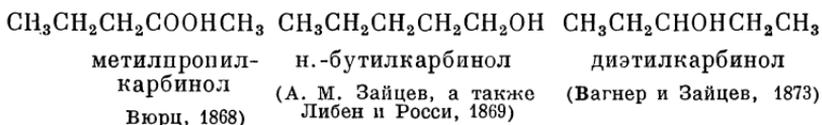
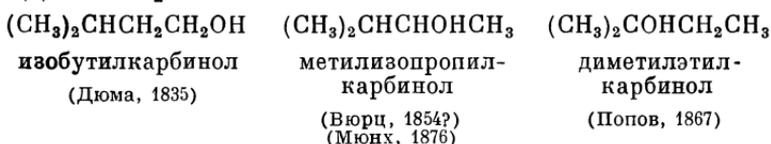
Таким путем образуется соединение, содержащее группу OZnC_2H_5 , которая под действием воды замещается на гидроксил $-\text{OH}$, и получается диэтилкарбинол.

Все же доказательства того, что это был именно диэтилкарбинол, еще не были убедительными, потому что результаты окисления полученного ими спирта (а также образующегося из него кетона) не позволяли сделать выбор между двумя вторичными спиртами: диэтилкарбинолом и метилпропилкарбинолом $\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$. Конечными продуктами окисления были уксусная и пропионовая кислоты, которые могли получиться из обоих этих спиртов. В конечном итоге заключение о том, что полученный спирт был диэтилкарбинол, Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев сделали на основании реакции его образования, допуская, что во время этой реакции не происходит перегруппировки. «Таким образом, — писали они, — доказательство, что наш алкоголь есть действительно диэтилкарбинол, сводится к доказательству того, что при действии цинкорганических соединений на муравьиный эфир не происходит перегруппировки» [20, с. 307]. Что при этом синтезе действительно не происходит перегруппировки, косвенным образом было доказано как последующими синтезами других вторичных спиртов по аналогичной схеме*, так и превращением диэтилкарбинола через иодид и цианид в диэтилуксусную кислоту. Это последнее доказательство было дано А. М. Зайцевым в 1878 г. [31].

Эта работа Е. Е. Вагнера и А. М. Зайцева пополнила

* В первую очередь сюда относится синтез И. И. Канонниковым и А. М. Зайцевым метилэтилкарбинола при действии цинка на смесь иодистого метила, иодистого этила и муравьиного эфира [21]. К нему принадлежит, видимо, и синтез ди (норм.) пропилкарбинола, о чем А. М. Зайцев писал А. М. Бутлерову в письме от 26 декабря 1873 г.¹¹

число предсказанных теорией (А. М. Бутлеров, 1864)¹² амиловых спиртов. До Вагнера и Зайцева было получено пять из теоретически возможных восьми амиловых спиртов. Диэтилкарбинол стал шестым*:



В сентябре 1874 г. А. М. Зайцев писал А. М. Бутлерову: «Я и Вагнер готовим теперь в больших количествах диэтилкарбинол для амилена, который собираемся снова превратить в алкоголь и в гликол. Интересно посмотреть: какой-то получится алкоголь—диэтилкарбинол или метилпропилкарбинол и как-то будет содержаться гликол, как настоящий вторичный, при окислении? Мы готовим также метилпропилкарбинол и метилпсевдопропилкарбинол по нашему способу с той целью, чтобы подвергнуть более подробному изучению все вторичные амильные алкоголи, полученные одним и тем же способом»¹³. Такова часть программы (об остальных ее частях будет сказано далее) работ в лаборатории А. М. Зайцева на 1874/75 учебный год.

Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев этот замысел осуществили полностью. Действием иодоводорода на диэтилкарбинол

* В 1873 г. еще полагали, что метилизопропилкарбинол уже был получен Вюрцем фракционированием сивушного масла. Однако в руках Вюрца был, по-видимому, изобутилкарбинол, а метилизопропилкарбинол впервые получил Мюнх восстановлением метилизопропилкетона амальгамой натрия. Вторичнобутилкарбинол (неактивный) выделил из продуктов брожения в 1855 г. Пастер; однако этот спирт путали с изобутилкарбинолом и природа его была установлена позднее, в частности благодаря работам А. Н. Попова (1872—1873 гг.).

они перевели последний в иодид $\text{C}_4\text{H}_9\text{I}$, а затем с помощью спиртового раствора едкого кали последний перевели в амилен. Чтобы установить его строение, Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев перешли от амилена к его дибромиду, действием на него уксуснокислого серебра — к диацетату, а от последнего при омылении к гликолю. Этот гликоль при окислении дал α -оксимасляную и муравьиную, угольную, уксусную и гликолевую кислоты. И хотя образование гликолевой кислоты представлялось сомнительным, авторы исследования приходят к выводу, что они имели дело с гликолем строения $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_2$, а следовательно, полученному им амилену из диэтилкарбинола отвечает формула C_4H_9 . Так же, как ранее А. М. Бутлеров и В. В. Марковников, последовательно руководствуясь теорией химического строения, исправляли формулы, предлагавшиеся другими химиками, так и теперь Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев доказывают, что амилен, полученный до них разными путями Вюрцем и Шорлеммером и который этими авторами принимался за этилаллил C_4H_9 , в действительности представляет собою метилэтилэтилен.

Действием иодоводорода на полученный амилен Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев получили иодид, который, как впоследствии показал А. М. Зайцев (аналогично тому, как это было сделано с иодидом, соответствующим диэтилкарбинолу), находится в генетическом отношении с метилпропилуксусной кислотой, а следовательно, имеет строение C_4H_9 , а полученный из него спирт является метилпропилкарбинолом $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}$.

Одну из задач своего исследования Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев видели в том, чтобы «способствовать решению вопроса, какое место займет галоид при присоединении иодистого водорода к таким углеводородам ряда C_nH_{2n} , ненасыщенное сродство которых принадлежит двум одинаково гидrogenизированным атомам углерода» [24, с. 302]. Эта типичная постановка вопроса для представителей Бутлеровской школы, и в первую очередь В. В. Марковникова, стремившихся к установлению зависимостей между реакционной способностью и химическим строением органических соединений. В результате своего исследования Е. Е. Вагнер и А. М. Зайцев пришли к определенному выводу «о порядке присоединения элемен-

тов HJ к таким углеводородам ряда C_nH_{2n} нормального строения, которые содержат одинаково гидрогенизированные ненасыщенные углеводородные атомы, из которых один связан с радикалом метилом. В таких именно случаях галоид присоединяется к тому из ненасыщенных углеродных атомов, который находится в связи с радикалом метилом» [24, с. 312].

На этом творческое сотрудничество А. М. Зайцева с его талантливым учеником Е. Е. Вагнером прекратилось. Е. Е. Вагнер по рекомендации своего учителя был направлен в лабораторию А. М. Бутлерова в Петербургский университет «для дальнейших его научных занятий». Там он блестяще проявил себя, открыв новый способ синтеза вторичных спиртов взаимодействием цинкорганических соединений с альдегидами¹⁴. При этом Е. Е. Вагнер руководствовался тем соображением, что эфир муравьиной кислоты содержит альдегидную группу (что особенно ясно, если формулу этого эфира написать

несколько необычным образом $C_2H_5O-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array}$ и что, сле-

довательно, можно ожидать, что альдегиды с цинкорганическими соединениями будут вести себя аналогично эфиру муравьиной кислоты. Этому предположению противоречили, казалось, результаты упомянутой выше работы Рита и Бейльштейна. Е. Е. Вагнер повторил их работу и нашел, как было упомянуто, что в реакции ацетальдегида с диэтилцинком образуется не ацеталь, а метилэтилкарбинол. После этого он перешел к синтезу вторичных спиртов, используя различные иные исходные альдегиды и цинкдиалкилы.

Очевидно, что первая работа Е. Е. Вагнера в лаборатории А. М. Зайцева была подсказана последним, ибо на ту же тему, но уже с эфиром уксусной кислоты одновременно работал и Н. И. Грабовский (в отличие от Е. Е. Вагнера не достигший цели). И новая работа Е. Е. Вагнера — с альдегидами — являлась логическим развитием той же идеи. Поэтому можно согласиться с С. Н. Реформатским¹⁵, который подробно рассмотрел этот вопрос и заключил: «Для меня несомненно, что работа Е. Е. [Вагнера] навеяна мыслями А. М. Зайцева»*.

* С. Н. Реформатский обращает внимание на то, что Е. Е. Вагнер сделал сообщение «о получении вторичных спиртов из альде-

Непредельные спирты

В том же письме А. М. Бутлерову, в котором А. М. Зайцев сообщает о своих намеченных работах с Е. Е. Вагнером, он добавляет: «Студент Канонников prepares теперь иодистый аллил с намерением применить наш метод для приготовления непредельных вторичных спиртов». Первое сообщение о применении иодистого аллила для получения непредельных спиртов по реакции Вагнера — А. Зайцева принадлежало М. М. Зайцеву¹⁷, который действовал цинком на смесь иодистого аллила с эфиром муравьиной кислоты*. Одновременно было опубликовано и сообщение И. И. Канонникова и А. М. Зайцева [26, 27], которые действовали цинком на смесь иодистого аллила, иодистого этила и эфира муравьиной кислоты. Против ожидания вместо аллилэтилкарбинола был получен диаллилкарбинол, что указывало на большую реакционную способность иодистого аллила по сравнению с иодистым этилом. В письме А. М. Бутлерову от 24 ноября 1875 г. А. М. Зайцев сообщал: «Нужно удивляться, с какою легкостью и чистотой вступает в реакцию иодистый аллил, в чем мы имели до сих пор случай убедиться трижды: при приготовлении диаллилкарбинола, диаллилщавелевой (диаллилгликолевой. — Г. Б.) кислоты и при исследовании его действия в присутствии цинка на диметилкетон. Во всех этих случаях реакция начиналась сама собою и кончалась спокойно без всяких принудительных мер, причем выход продукта был как нельзя более удовлетворительный. О выходе Вы можете судить уже по тому, что брату удалось в короткий срок заготовить до 400 гр. диаллилкарбинола. . . Мы намереваемся применить иодистый аллил к синтезу еще многих других веществ, и эти исследования частью уже производятся. Работы много, да рук не хватает. . .»¹⁸. Эти синтезы имели значение не только для пополнения числа непредельных спиртов ациклического ряда, из которых были известны в то время лишь четыре спирта, а изучен должным образом только аллиловый спирт. «Кроме желая

гидов» в Русском химическом обществе 6 ноября 1875 г. как сообщение из Казанской лаборатории. В письме к А. М. Бутлерову от 24 ноября того же года А. М. Зайцев писал: «Очень рад, что Вагнер сообщил некоторые общие наши работы сам»¹⁶.

* Попытка провести эту же реакцию с угольным эфиром М. М. Зайцеву не удалась.



М. М. Зайцев

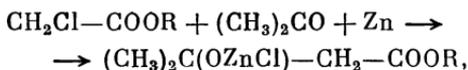
пополнить этот пробел, — писал С. Н. Реформатский, — был и другой интерес в получении этих спиртов: от них через бромюры можно перейти к многоатомным спиртам, а отнятием воды — к непредельным углеводородам того же ряда, что и терпены, представлявшие в то время «темную и хаотическую область» среди органических соединений»¹⁹.

После успешного синтеза непредельных спиртов с участием иодистого аллила и эфира муравьиной кислоты в лаборатории А. М. Зайцева были поставлены опыты с эфирами других одноосновных и двухосновных кислот. Оказалось, вопреки прежде сделанным предположениям, что иодистый аллил в смеси с этими эфирами в присутствии цинка вступает в реакцию, которая приводит к получению третичных спиртов, хотя реакция идет труднее и выходы были меньше, чем с эфиром муравьиной кислоты. С этиловым эфиром уксусной кислоты был получен впервые третичный непредельный спирт — диаллилметилкарбинол $(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{OH})-\text{CH}_3$ (В. Сорокиц, 1877), с эфиром пропионовой кислоты —

диаллилэтилкарбинол (А. Смиренский, 1881), с эфирами масляной и изомасляной кислот — диаллилпропил- (Н. и А. М. Зайцевы, 1878) и диаллилизопропилкарбинол (К. Рябинин и А. М. Зайцев, 1879).

С эфирами щавелевой кислоты была получена диаллилгликолевая кислота (М. Зайцев, 1876)*. В лаборатории А. М. Зайцева затем предпринимались настойчивые попытки перейти от этой кислоты путем ряда превращений к лимонной кислоте. Один раз даже был, казалось, получен положительный результат, что нашло отражение в уже напечатанной диссертации Е. Шацкого, «но ни один повторенный опыт ни разу не дал подтверждения этого факта. По настоянию А. М. Зайцева диссертация была перепечатана, причем об опытах, сюда относящихся, было лишь вскользь упомянуто»²⁰. С эфиром малоновой кислоты замещение пошло по пути, типичному для этой кислоты: с иодистым аллилом была получена диаллилмалоновая кислота и пропилен (С. Жуковский, 1887), а с иодистым этилом — диэтилмалоновая кислота и этан (В. Матвеев, 1887).

При варьировании различных комбинаций взаимодействующих соединений было испробовано и действие цинка на смесь иодистого аллила с монохлоруксусным эфиром**. Результаты опытов заставили предположить, что в присутствии цинка хлоруксусный эфир «действует на самого себя», тогда было испытано в присутствии цинка взаимодействие с хлоруксусным эфиром ацетона. Оказалось, что происходит реакция



а последнее вещество при разложении водой дает оксикислоту



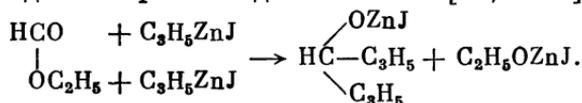
Так в лаборатории А. М. Зайцева была открыта С. Реформатским известная реакция получения β-оксикислот, носящая его имя.

* Эта кислота была автором неправильно названа диаллилщавелевой.

** О начале этой работы А. М. Зайцев сообщил А. М. Бутлерову в письме от 30 сентября 1878 г.

Обнаруженная высокая реакционная способность иодистого аллила поддала надежду, что он в аналогичных условиях будет вступать в реакцию и с кетонами, а это должно привести к синтезу третичных спиртов. В 1876 г. А. и М. Зайцевы [28] синтезировали таким путем аллилдиметилкарбинол. Затем последовали синтезы диаллилпропилкарбинола (П. и А. Зайцевы, 1878), аллилдиэтилкарбинола (А. Широков и А. М. Зайцев, 1878), аллилметилпропилкарбинола (А. Земляницын, 1879), аллилизопропилкарбинола (В. Лебединский, 1881) и т. д. М. М. Зайцев (младший) с успехом применил этот метод и к моноциклическим кетонам: ментону, метилциклогексанону и циклогексанону²¹.

В толкование механизма реакций с участием иодистого аллила (но еще не иодистых алкилов, что произошло позднее) А. М. Зайцев вскоре внес уточнение в том смысле, что в реакции участвуют не цинкдиаллил, а C_3H_5ZnJ , и реакция с муравьиноэтиловым эфиром происходит в первой стадии по схеме [29, с. 18]:

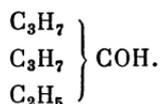


Механизм этот подтверждался опытами М. М. Зайцева, изучавшего взаимодействие C_3H_5ZnJ с уксусноэтиловым эфиром [29, с. 19]. Цитируемая статья А. М. Зайцева интересна и другими наблюдениями и выводами относительно непредельных спиртов, содержащих аллильную группу. Они касаются не только сопоставлений температур как их самих, так и их уксусных эфиров между собою и с предельными спиртами, но и химических свойств — отношения к бром и к окислителям. При бромировании они присоединяют бром в количестве, отвечающем их непредельности». Окисление, которое направляется в случае первичных, вторичных и третичных предельных спиртов на атом, соединенный с гидроксильной группой, с непредельными спиртами идет иначе. При окислении диаллилкарбинола, например, никогда не образуется диаллилкетон, а только муравьиная и угольная кислоты. Особенно показательным А. М. Зайцев считает образование из аллилдиметилкарбинола оксивалерьяновой кислоты. Оно «несомненно доказывает, что при окислении аллилдиметилкарбинола остается неприкосновен-

ным углеродный атом, связанный с группой ОН, между тем как распадение происходит за счет окисления углеродных паев с двойной связью» [29, с. 23]. Следствием такого механизма окисления непредельных спиртов является и появление среди продуктов окисления муравьиной и угольной кислот как результат дальнейшего окисления, например, той же оксивалерьяновой кислоты.

Новый синтез предельных спиртов

В письме к А. М. Бутлерову от 7 января 1885 г. А. М. Зайцев сообщал: «...нам, кажется, удалось найти новый синтез третичных предельных спиртов, а именно — при действии C_2H_5I и Zn на бутирон ($C_3H_7COC_3H_7$. — Г. Б.). Мы получили



Эта реакция, по-видимому, происходит лишь с кетонами, не содержащими радикал метил»²². О том, что такой путь к синтезу предельных третичных спиртов оказался перспективным, А. М. Зайцев сообщил в феврале того же года [42]. В этой короткой заметке, имевшей задачей сохранить за своей лабораторией право на работу в данном направлении, А. М. Зайцев ссылается на многочисленные примеры (Бейльштейн и Рит, А. М. Бутлеров, Д. П. Павлов в лаборатории А. М. Бутлерова) неудачных попыток взаимодействия полных цинкдиалкилов с кетонами, однако, как пишет А. М. Зайцев, капитальное исследование Е. Е. Вагнера, касающееся синтеза вторичных спиртов из альдегидов, давало надежду добиться успеха и с кетонами при соответствующем подборе условий. А. М. Зайцев подметил, что во всех исследованных кетонах карбонильная группа связана с метильной группой. Отсюда появилась мысль провести реакцию с кетонами иного строения. Об успехе этой попытки он сообщает в письме к А. М. Бутлерову, а в упомянутом предварительном сообщении, датированном 20 февраля 1885 г., пишет: «До настоящего времени я, совместно со студентами А. Чеботаревым и князем С. Баратаевым, исследовал содержание к иодистому

этилу и цинку дипропилкетона (бутирона) и диэтилкетона. В обоих случаях мы получили металлоорганическое соединение кетона с цинкэтилом, которое, по разложению водою, дало соответствующие спирты: этилдипропилкарбинол и триэтилкарбинол» [42, с. 179]. В том же году А. Зайцевым, кроме названных работ [45, 47], были еще опубликованы сообщения о синтезе таким методом метилдипропилкарбинола со студентом А. Горталовым [46] и дипропилкарбинола со студентом Д. Устиновым [48]. В последнем случае взятый в качестве реагента пропилиодид распадался на пропилен и иодоводород, который и восстанавливал бутирон до дипропилкарбинола.

Синтезы непредельных третичных спиртов заставили А. М. Зайцева изменить его взгляд на механизм реакций с участием иодистого аллила, но при этом еще не побудили оставить прежнюю схему реакций для синтеза предельных третичных спиртов с участием алкилиодидов. Однако синтезы третичных спиртов исходя из кетонов привели к определенному заключению о том, что исследованные реакции идут за счет смешанных цинкорганических соединений. Решающим доводом были отрицательные результаты опытов по взаимодействию диэтилцинка с различными по строению кетонами, в то время как взаимодействие иодцинкэтила с бутироном привело к синтезу этилдипропилкарбинола. Такая работа и была проведена в лаборатории А. М. Зайцева²³. Из нее следовало, что образование цинкдиэтила за счет взаимодействия этилиодида с цинком до реакции с кетонами не происходит. Тем самым А. М. Зайцев внес коррективы в тот механизм, который А. М. Бутлеров принимал для реакции образования третичных спиртов.

В лаборатории А. М. Зайцева были проведены опыты с действием иодистого аллила и цинка на эпихлоргидрин (М. Лопаткин, 1883 и 1884), но они, по-видимому, не привели к обнадеживающему результату.

Уже было упомянуто о том, что первые опыты с цинкорганическими соединениями в лаборатории А. М. Зайцева были поставлены его братом Михаилом (1868), объектом изучения которого была реакция смеси уксусного ангидрида с иодистым этилом или метилом с цинкнатрием. Много лет спустя, уже в 1904 г., в год смерти М. М. Зайцева²⁴, А. М. Зайцев следующим образом сформулировал задачу исследований с ангидридами кис-

лот: «Исходя из предположения, что при реакции иодцинкаллина на ангидриды кислот будут образовываться неопредельные третичные спирты с двумя радикалами аллила с лучшим выходом, чем при действии того же реагента на эфиры кислот, мы исследовали отношение к иодцинкаллилу уксусного ангидрида. Так как сделанное предположение фактически оправдалось, то мы и имеем в виду распространить, в ближайшем будущем, эту реакцию на ангидриды одноосновных и двухосновных кислот вообще, а также исследовать отношение названных ангидридов к различным галоидорганическим соединениям в присутствии цинка» [61, с. 16].

И последняя работа А. М. Зайцева (1907 г.) посвящена именно этой теме [62]. Взаимодействие иодистого аллила и цинка с уксусным ангидридом, проведенное уже в эфирной среде, привело к получению диаллилметилкарбинола с лучшим выходом, чем раньше при реакции с уксусноэтиловым эфиром.

Продукты превращения спиртов. Оксикислоты

Полученные А. М. Зайцевым и его учениками предельные и неопредельные спирты были исследованы по их физическим и химическим свойствам. Из физических свойств изучались температуры кипения (как самим А. М. Зайцевым [29], так и Ф. М. Флавицким) и рефракции. При этом были выявлены некоторые расхождения с правилами Брюля. Затем из этих работ выросло самостоятельное направление И. И. Канонникова (1881 г. и сл.)²⁵.

Из химических свойств спиртов, изучение которых позволяло с большой убедительностью судить об их строении, изучалась их способность давать эфиры, галогенопроизводные, а из последних углеводороды. Основным же методом для установления строения спиртов было деструктивное окисление.

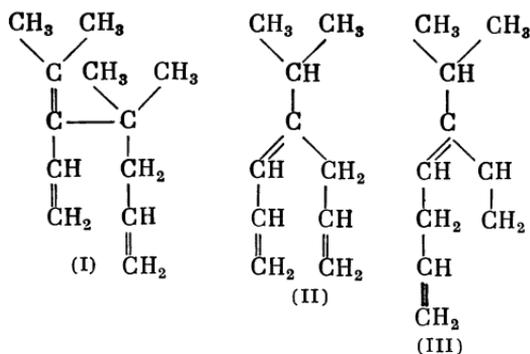
Выше уже было упомянуто о том, что при изучении диэтилкарбинола был получен соответствующий ему иодид, из него углеводород, а последний в свою очередь превращен, во-первых, в иодид и спирт, и, во-вторых, в дибромид и гликоль, который и был подвергнут окислению. Подобным же образом были исследованы и дру-

гие спирты, синтезированные в лаборатории А. М. Зайцева, причем наибольшее число продуктов превращения давали непредельные спирты.

Превращение непредельных спиртов путем отщепления воды в непредельные углеводороды ряда C_nH_{2n-2} особенно интересовало А. М. Зайцева, потому что он надеялся получить таким образом углеводороды, родственные терпенам [84]. В письме А. М. Бутлерову от 30 сентября 1878 г. А. М. Зайцев писал: «Спешу поделиться с Вами некоторыми химическими новостями, которые близко соприкасаются с Вашими прошлогодними исследованиями*. Действием воды с несколькими каплями H_2SO_4 нам удалось превратить аллилдиметилкарбинол в углеводород C_6H_{10} и его полимер $C_{12}H_{20}$, т. е. произвести реакцию, аналогичную Вашей реакции с триметилкарбинолом... Аллилдипропилкарбинол, хотя и реагирует аналогично, однако значительно труднее, и здесь образуется главным образом углеводород $C_{10}H_{18}$. Даже при нагревании до 160° образуются только следы полимера. Мы исследуем теперь содержание углеводорода $C_{12}H_{20}$ с окисляющим веществом. Результат этой реакции весьма нас интересует еще и потому, что я полагаю, что углеводород этот есть близкий родственник терпенам»²⁷. Однако у А. М. Зайцева не было правильного представления о строении терпенов, которое было установлено в основных чертах спустя 20 лет главным образом благодаря работам Е. Е. Вагнера²⁸. А. М. Зайцев писал далее: «Принимая во внимание, что терпены дают при окислении и при других превращениях жирные и ароматические соединения, я думаю, что терпены при свойственной жирным телам простой связи углеродных атомов обладают таким расположением некоторых атомов углерода, при которых возможно образование из них чистой реакцией замкнутой (бензольной) группировки». По аналогии с формулой только что полученного и изученного А. М. Бутлеровым диизобутилена А. М. Зайцев предположительно принимает для своего углеводорода $C_{12}H_{20}$ формулу (I), а для терпенов — аналогичные формулы (II) — (III), которые, как он пишет А. М. Бутлерову,

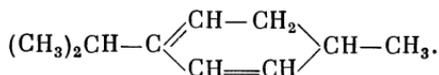
* Речь идет об известной работе А. М. Бутлерова по синтезу и изучению свойств диизобутилена²⁶.

«более отвечают нашим настоящим фактическим дан-
ным»:



«Мы приготовили, — продолжает письмо А. М. Зайцев, — диаллилизопропилкарбинол с целью получить из него углеводород с 1-й формулой строения (II) и сравнить его с известными терпенами».

А. М. Зайцев, соглашаясь с такими видными исследователями терпенов, как Тильден и Флавицкий, что в терпенах нет циклической связи, показывал, как, например, из соединения (III) путем последовательной гидратации и дегидратации может образоваться замкнутая группировка, например

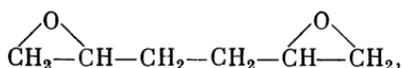


Однако исследования углеводов, получаемых из непредельных спиртов, не привели к определенным результатам возможно потому, что, как деликатно пишет С. Н. Реформатский, «другие работы помешали их осуществлению»²⁹. Пожалуй, единственным положительным результатом этих исследований надо считать доказательство строения диаллила (В. Сорокин, 1879), для которого допускалась ранее и неверная формула $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$.

В лаборатории А. М. Зайцева были проведены многочисленные исследования по получению из непредельных спиртов и углеводов многоатомных спиртов. Первый способ — присоединение к непредельным углеводам брома с последующим переводом бромидов

в уксусные эфиры, а затем замещение ацетильной группы на гидроксильную. Этот способ применялся для установления строения норм. бутилена и затем амилена из диэтилкарбинола.

Второй способ заключался в присоединении хлорноватистой кислоты к непредельным углеводородам с последующим действием щелочи на хлорангидриды (реакция Кариуса). Правда, этот метод применялся ранее А. П. Эльтековым в Харькове. При получении по этому поводу многоатомных спиртов обнаружилось, что одновременно образуются и окиси. А. М. Зайцев писал А. М. Бутлерову (7 января 1885 г.): «Наши лабораторные занятия подвигаются довольно успешно. В хлорноватистой кислоте мы нашли довольно удобный реагент для перехода от наших непредельных спиртов и от некоторых непредельных углеводородов к многоатомным спиртам. До настоящего времени мы приготовили такие спирты из аллилдиметилкарбинола, диаллилкарбинола и диаллила, но пока подвергался анализу лишь последний спирт. При анализе мы получили результат, говорящий за то, что здесь получается 1-я окись соответствующего 4-х атомного спирта. Результат этот сходен с прежним наблюдением брата (М. М. Зайцева. — Г. Б.) — относительно 5-ти атомного спирта из диаллилкарбинола. Не находятся ли эти соединения, по своему строению, в родстве с глюкозами?»³⁰. И далее в письме от 20 февраля того же года А. М. Зайцев писал: «В прошлом письме я сообщил Вам, что мы получили действием ClOH на [диаллил] диаллилхлоргидрин $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{Cl}$, затем двуокись



которая дала при нагревании с водой не самый 4-х-атомный спирт, а его первую окись, т. е. спирто-окись... Реформатский почти закончил это исследование»³¹. Результаты этого и других исследований в том же направлении составили содержание магистерской диссертации С. Н. Реформатского «Предельные многоатомные алкоголи» (Казань, 1889 г.) *.

* Еще в том же 1885 году между московской лабораторией и казанской, а вернее, между их руководителями В. В. Марков-

Третий способ получения многоатомных спиртов стал применяться в лаборатории А. М. Зайцева с 1892 г., после того как Е. Е. Вагнером было обстоятельно изучено окисление непредельных соединений марганцовокалиевой солью (см. след. главу).

Выше мы упоминали о получении оксикислот при действии цинка на смеси водистого аллила с эфирами щавелевой кислоты. Большое число оксикислот было получено в лаборатории А. М. Зайцева также при окислении непредельных спиртов марганцовокалиевой солью. Согласно А. М. Зайцеву [29], при окислении непредельных спиртов группа $\text{CH}_2=$ в радикале аллиле отщепляется, окисляясь в муравьиную и угольную кислоты, а группа $-\text{CH}=\text{}$ превращается в карбоксильную. Обычным путем из этих оксикислот получали подкарбоновые кислоты, а из них — одноатомные предельные кислоты. Эти работы выполнялись в лаборатории А. М. Зайцева студентами-практикантами.

От цинкорганического синтеза к магнийорганическому

В 1900 г. появилась первая работа В. Гриньяра, положившая начало широчайшему применению магнийорганического синтеза в органической химии. Как писал С. Н. Реформатский, «Барбье и Гриньяр внесли незначительное по существу и очень важное по последствиям видоизменение в синтез А. М. Зайцева: они заменили цинковые соединения магниевыми и повели реакцию в присутствии растворителя; это обстоятельство сильно (в 2—3 раза) повысило выходы спиртов и позволило расширить случаи применения галоидных магнийорганических соединений. Наступило всеобщее увлечение видоизмененным способом Гриньяра, и химики стали забывать имя А. М. Зайцева, называя этот способ синтезом Гриньяра. Такое отношение к А. М. Зайцеву было, конечно, несправедливо и очень огорчило А. М. Действительно, дана и разъяснена эта реакция А. М. Зайцевым, а по-

никовым и А. М. Зайцевым завязалась полемика по поводу работ С. Н. Реформатского, по поводу его права продолжать исследования в том же направлении, так как аналогичные исследования начаты были также П. П. Орловым и продвинулись даже дальше в лаборатории В. В. Марковникова³².

тому, если и нужно упоминать имя Гриньяра, то после имени Зайцева, а еще правильное называть этот синтез синтезом Зайцева—Барбье—Гриньяра; второе имя принадлежит учителю Гриньяра, под руководством которого последний работал»³³.

Известно, кроме того, что в Казанской лаборатории студентом А. Е. Арбузовым в 1900 г. проведена была работа по синтезу третичного спирта с применением магния и обезвоженного эфира. Так как в литературе по этому поводу можно встретить не совсем точные высказывания, целесообразно этот момент в истории химии рассмотреть достаточно подробно.

На заседании Отделения химии Русского физико-химического общества Б. Н. Меншуткин 2 ноября 1900 г. доложил пять работ из лаборатории Казанского университета, в том числе и работу А. Е. Арбузова «Об аллилметилфенилкарбиноле». Протокольная заметка гласит: «Этот ароматический третичный спирт сначала готовится по обычному способу, т. е. действием ацетофенона и иодистого аллила на цинк. Для получения хороших (до 31,5% теории) выходов спирта оказалось, однако, необходимым вести реакцию в среде безводного эфира, иначе реакция идет слишком сильно и образуются лишь смолообразные продукты. Вместо цинка можно взять и магний». Далее описание свойств полученного продукта³⁴.

Полностью сообщение А. Е. Арбузова, датированное 29 октября 1900 г., было опубликовано в 1-м выпуске «Журнала Русского физико-химического общества» за 1901 г. А. Е. Арбузов провел несколько опытов. В первом смесь ацетофенона и иодистого аллила приливалась по каплям «на мелкозерненный цинк с небольшим количеством цинк-натрия», во втором опыте вместо цинка был взят магний в порошке, но реакция протекала бурно, и произошло обугливание. «После этого неудачного опыта условия реакции были изменены, именно реакция велась в среде безводного эфира», но кроме порошка магния в реторту были всыпаны и «разъединенные» цинковые стружки. Этот, третий опыт, так же как и четвертый, отличавшийся лишь количеством взятого магния, оказался успешным. Но и пятый опыт, в котором вовсе не было взято магния, а были одни цинковые стружки, также привел к синтезу аллилметилфенилкарбинола. «Таким образом, — писал А. Е. Арбузов, — оказалось,

что при получении аллилметилфенилкарбинола магний не играл никакой роли, а следовательно, в реакцию можно с успехом брать одни цинковые стружки. Очевидно, что улучшению выхода спирта способствовал один только эфир, который умерял реакцию и таким образом предотвращал образование смолистых продуктов»³⁵.

Итак, в 1900 г. в лаборатории А. М. Зайцева была сделана попытка использовать для получения спиртов магний (успешно лишь в смеси с цинком), да еще в среде безводного эфира. В отличие от Гриньяра, нашедшего в применении магния перспективный способ синтеза органических соединений, такая же попытка в лаборатории А. М. Зайцева привела, по сути, к негативному выводу. В литературе, однако, можно встретить утверждение, что «первый синтез в России посредством магнийорганических соединений был осуществлен в 1900 г. в лаборатории А. М. Зайцева А. Е. Арбузовым»³⁶.

Видимо, авторы подобных утверждений (в том числе и автор этой главы³⁷) не были знакомы с работой А. Е. Арбузова в оригинале, а опирались на его замечания по докладу М. И. Коновалова «о синтезе третичных спиртов с помощью магнийорганических соединений» на объединенном заседании Отделения химии Русского физико-химического общества и секции химии XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей 27 декабря 1901 г. «А. Е. Арбузов замечает, — сказано в протокольной заметке, — что в 1900 году в Казанской лаборатории магний применялся для получения третичных спиртов по способу А. М. Зайцева, при действии на Mg (в порошке) смеси ацетофенона и иодистого аллила; при сильном разбавлении смеси безводным эфиром получен спирт $(\text{C}_6\text{H}_5)(\text{C}_3\text{H}_5)(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}\cdot\text{OH}$ »³⁸. Очевидно, что в этой заметке дело изложено слишком упрощенно.

Сам А. М. Зайцев, выясняя отношения между своими работами и работой Гриньяра, на сообщение о синтезе аллилметилфенилкарбинола А. Е. Арбузовым не ссылаясь, а высказывал гораздо более серьезные соображения. В цитированной выше заметке 1904 г.* А. М. Зай-

* Эта важная заметка оказалась пропущенной в «Списке трудов А. М. Зайцева и его учеников» в статье С. Н. Реформатского и А. А. Альбицкого, и впервые на нее обратил внимание Б. Г. Болдырев³⁹.

цев считал необходимым обратить внимание «на одно обстоятельство, касающееся вопроса о приоритете.

Синтетический способ получения органических соединений многообразных функций при посредстве металлоорганических кислородсодержащих и галоидокислородосодержащих соединений с идейной стороны, со стороны его разработки и разъяснения химического смысла самого превращения всецело принадлежит Франкланду, А. М. Бутлерову и мне с моими учениками; способ же Гриньяра представляет только небольшое видоизменение предыдущего способа. Однако это обстоятельство во многих случаях игнорируется как в русской, так и в иностранной литературе. При синтетических работах, производимых с магниорганическими соединениями, даже таких веществ, которые были получены и при посредстве цинкорганических соединений, обыкновенно цитируется только одно имя Гриньяра. Мне кажется, было бы справедливее указывать в этих случаях, что та или другая реакция производилась по способу Франкланда, Бутлерова и моему, видоизмененному Гриньяром. Ведь в химической литературе имеется несколько способов, при которых цитируются имена нескольких химиков, когда в разработке того или другого способа принимали участие разновременно несколько химиков» [61].

Еще более подробно и откровенно высказывается А. М. Зайцев об этом в письме к А. Н. Реформатскому (от 2 ноября 1903 г.) *. После замечания, что «все синтезы различных категорий веществ при посредстве галлоидметаллоорганических соединений, в смысле приоритета, почти всецело принадлежат нашей лаборатории», А. М. Зайцев развивает свой взгляд на отношения между работами Гриньяра и своими. «Ведь, говоря беспристрастно, способ Гриньяра представляет ни более ни менее как маленькое видоизменение широко разработанного нашего способа; ведь Гриньяру и его последователям было уже легко получить результаты, когда плодотворная почва для работы как с идейной стороны, так и со стороны разъяснения хода реакции была вполне подготовлена нашими работами. Если при посредстве магния можно получать некоторые спирты, которые в аналогич-

* Автор главы приносит благодарность С. Я. Плоткину за предоставление фотоконии этого интереснейшего документа.

Казань, 9 Ноябрь 1903 г.

Многоуважаемый
Александр Николаевич!

Всегда получив ваше заказное письмо
и согласно вашему желанию Юрген - Фре д-
р Иван

Во моему мнению, предприятие Иван
работы, вступив в гражданкой Иван публицист
Новберга, не имеет характер новизны и
в смысле приоритета, не ступит на основ-
нн. - Во 1^{ой} посылу, что работа предпри-
ятия ^{Ваша} уже давно и публицист в ней сд-
ложена ранее сообщением Новберга; во 2^{ой}
Эти работы си законны, а послужит
с магнетом и, наконец, в 3^{ей} посылу, что
вс ступит публицист категории всецело
при посредстве завод металлургического
соединения, в смысле приоритета, почти
всцело принадлежат нашей лаборатории и

Письмо А. М. Зайцева А. Н. Реформатскому
(первая и последняя страницы)

ных условиях с цинком не получаются или образуются с меньшим выходом, то это обстоятельство, по существу дела, нисколько не умаляет значение нашего способа и в особенности еще и потому, что при видоизмененном способе Гриньяра, например с иодистым аллилом, не получается тех результатов, какие дает наш способ. Если способ Гриньяра дает возможность манипулировать с ароматическими и некоторыми другими галоидными соединениями, то этим еще не сказано, что при посредстве цинка нельзя достигнуть аналогичных синтезов, так как подобного рода реакции еще никто не производил. На основании всего сказанного очень досадно, что все иностранные и русские химики совершенно игнорируют вышеизложенные, сделанные мною выводы о способе Гриньяра, указывая в своих работах, что они синтезировали то или другое соединение *по способу Гриньяра*. Не сомневаюсь, что Вы согласитесь со мною, что это не справедливо и поистине должно сказать „*способ Казанской лаборатории, видоизмененный Гриньяром*“.

Собственно, преемственность своей работы в том же смысле не отрицает и Гриньяр, который в своем первом сообщении 1900 года писал: «Следуя за Барбье в его синтезе диметилгептенола, в ходе которого он заменил в синтезе по Зайцеву цинк на магний, я поставил себе задачей изучить преимущества, предоставляемые такой заменой. В результате этих исследований я открыл ряд органометаллических соединений магния, которые позволили мне существенно видоизменить метод Вагнера—Зайцева как по скорости и направлению процесса, так и в общем случае и относительно получаемых продуктов»⁴⁰.

Вряд ли есть необходимость анализировать вопрос о приоритете в том смысле, как его ставил в своей заметке 1904 г. сам А. М. Зайцев. Если принять его точку зрения, т. е. пойти на смешение имен тех, кто создал предпосылки какого-либо открытия, с именами авторов открытия, то пришлось бы внести невероятную путаницу и в вопросы приоритета и вообще в историю науки. Правильное отношение между тем, что сделал автор предпосылок для создания магнийорганического синтеза и автор его открытия, дано, на наш взгляд, В. И. Кузнецовым. «Несмотря на то, что схемы реакций и сами синтезы Гриньяра являются простыми модификациями схем и синтезов А. М. Зайцева, заслуга Гриньяра состоит, од-

нако, не только в улучшении техники управления реакциями. Наиболее важным моментом в его обобщающей диссертационной работе, вышедшей уже в 1901 г., является не столько описание синтезов, сколько признание наличия в эфирной среде алкилмагнийгалогенидов, которые он готовил до стадии собственно синтеза. Ввиду того, что он, так же как и А. М. Зайцев, не мог выделить в свободном состоянии алкилметаллгалогениды, но тем не менее указал на их присутствие, именно эта сторона работы составила теоретическую, а затем и большую практическую ценность открытия Гриньяра. Эфирный раствор алкилмагнийгалогенидов — этот универсальный реагент стал по праву носить имя Гриньяра»⁴¹.

Успехи магнийорганического синтеза уже в начале XX в. вытеснили, казалось бы, окончательно применение для синтетических целей цинкорганических соединений. «Однако за последнее время (т. е. к середине 60-х годов. — Г. Б.) интерес к ним снова возрос, и они получили в некоторых случаях важное синтетическое применение»⁴². Действительно можно указать, например, на систематическую публикацию И. И. Лапкиным и сотрудниками сообщений, начиная с 1965 г. и до настоящего времени, о «новых синтезах с участием цинкорганических соединений». В этих синтезах применяются большей частью цинкпроизводные сложных эфиров α -галогенопроизводных кислот. Классическим примером современного цинкорганического синтеза может служить реакция Реформатского, находящая широкое и разнообразное применение в современной органической химии⁴³.

Таким образом, А. М. Зайцев был прав, когда говорил, что магнийорганический синтез не всегда способен заменить цинкорганический, разработке которого в последней трети XIX в. немало способствовала казанская школа химиков-органиков и в первую очередь сам А. М. Зайцев.

Глава 3

Реакции окисления и строение высших жирных кислот ациклического ряда

В предшествующей главе было упомянуто о реакциях окисления спиртов и непредельных углеводородов, полученных в лаборатории А. М. Зайцева. Эти реакции приводили к получению многоатомных спиртов, окисей, кетонов и кислот, но особенно большое значение для установления строения синтезированных соединений имели реакции деструктивного окисления, дававшие продукты, строение которых было уже известно и по которым можно было судить также о строении исходных веществ. Последний цикл работ А. М. Зайцева как раз и посвящен установлению строения высших жирных кислот с помощью реакций окисления.

Реакции окисления

Применение реакций окисления для структурного анализа в лаборатории А. М. Зайцева — это лишь продолжение традиции, берущей свое начало от А. М. Бутлерова¹ и его учеников.

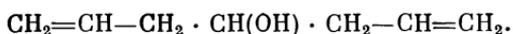
Метод деструктивного окисления, служащий для определения строения органических соединений, стал разрабатываться в Казанской лаборатории А. М. Бутлерова, и основная заслуга в этом принадлежит его ученику А. Н. Попову*.

Впервые А. М. Зайцев вместе с Е. Е. Вагнером прибегнул к реакциям окисления спирта для доказательства строения диэтилкарбинола. При окислении ими были получены кетон и кислоты: уксусная и пропионовая. Получение кетона $C_5H_{10}O$ свидетельствовало, что полученный ими спирт — вторичный, но уксусная и пропионовая кислоты, получающиеся и при окислении кетона, могли образоваться при окислении как диэтилкарбинола, так и

* Подробности относительно ранней истории установления правила окисления олефиновых углеводородов читатель найдет в работе об А. Н. Попове².

метилпропилкарбинола. Окончательный выбор между двумя формулами для синтезированного Е. Е. Вагнером и А. М. Зайцевым спирта был сделан, как упомянуто в предшествующей главе, на основе других данных (независимого синтеза метилпропилкарбинола, перехода от полученного ими спирта к диэтилуксусной кислоте).

Гораздо шире реакции окисления применялись в лаборатории А. М. Зайцева при установлении строения непредельных спиртов. Окисление хромовой смесью ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) диаллилкарбинола дало угольную и муравьиную кислоты и не дало уксусной. Это позволило приписать исследуемому спирту строение



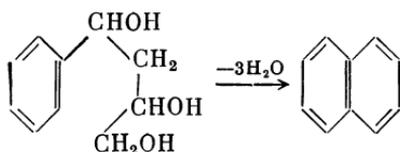
После ряда попыток удалось получить при окислении (К. Рябинин, 1879) и метоксиглутаровую кислоту $HOOC-CH_2 \cdot CH(OCH_3) \cdot CH_2-COOH$. Таким образом, было дано доказательство того, что синтезы с участием иодистого аллила происходят без перегруппировок. Окислением было доказано и строение диаллила (В. Сорокин, 1879), но при этом выяснилось, что окисление хромовой смесью, хромовой кислотой и марганцовокислым калием дают один результат, а окисление азотной кислотой — другой.

Окисление непредельных спиртов велось вначале в лаборатории А. М. Зайцева до соответствующих оксикислот, а то, что при этом получают в качестве промежуточных продуктов многоатомные спирты, выяснилось лишь после работ Е. Е. Вагнера.

Окисление непредельных спиртов марганцовокислым калием привело Е. Е. Вагнера к выводу, что на первой стадии в качестве главного направления реакции образуются трехатомные спирты — глицерин или его гомологи. В частности, Е. Е. Вагнер провел окисление аллилдиметилкарбинола, который ранее изучали М. М. Зайцев и А. М. Зайцев, а также в лаборатории А. М. Зайцева — А. Широков. Окисляя хромовой смесью, они не обнаружили промежуточного соединения — трехатомного спирта. По этому поводу Е. Е. Вагнер писал: «...констатированные Зайцевыми, а затем Широковым продукты окисления диметилаллилкарбинола — оксивалерьяновая и муравьиная кислоты — представляют собой не продукты распада спирта по месту двойной связи, а являются лишь

продуктами дальнейшего окисления, образующегося в первую фазу реакции гексенилглицерина. То же самое происходит, очевидно, и при всех остальных третичных спиртах, исследованных в Казанской лаборатории, но образовавшиеся глицерины остались незамеченными, потому что их не искали: они оставались в тех водных растворах, из которых нелетучие кислоты были извлечены эфиром. Этим обстоятельством и объясняется ... недочет в продуктах окисления»³. Далее Е. Е. Вагнер рекомендовал свой метод для получения из непредельных спиртов глицеринов.

И действительно, как отмечает С. Н. Реформатский⁴, с 1892 г. сотрудниками А. М. Зайцева был получен ряд многоатомных спиртов. Примером может служить получение из аллилфенилкарбинола трехатомного спирта, который при перегонке с серной кислотой неожиданно дал нафталин⁵:



Это была последняя работа, вышедшая из лаборатории А. М. Зайцева при его жизни.

Окисление азотной кислотой и марганцовокислым калием диаллилгликолевой кислоты, полученной М. М. Зайцевым, приводило к пентаоксикислоте, от которой можно было перейти к лактонам (П. Булич, 1887) или к лактонокислотам (С. Фокин, 1890).

А. М. Зайцев в 1877 г. высказал предположение, что окисление марганцовокислым калием непредельных спиртов направлено не на атом, связанный с гидроксилом, а на двойную связь с отщеплением группы CH_2 и превращением оставшейся группы CH в карбоксильную. Взгляд на механизм образования непредельных оксикислот, однако, пришлось изменить после докторской диссертации Е. Е. Вагнера, который заявил: «Непредельные кислоты с многократными связями окисляются по схемам отвечающим их углеводородам. Что же касается принимаемого расщепления непредельных кислот по месту многократной связи, то оно, по-моему, не происходит ни при каких условиях окисления»⁶.

Эта работа Е. Е. Вагнера оказала большое влияние на направление работ А. М. Зайцева и всей его лаборатории, особенно при изучении высших жирных кислот.

Строение высших жирных кислот

В рекламном издании Товарищества Крестовниковых в задачу лабораторных работ фирмы поставлено не только установление правильного взгляда на химические процессы, входящие в технологию переработки жиров, но и «решение вопроса о химическом строении исследованных соединений». По-видимому, между заводской лабораторией и университетской лабораторией, а также частной лабораторией А. М. Зайцева наметилось естественное разделение труда: анализ сырья и продуктов производства выполнялся в заводской лаборатории, имевшей для этого вполне подготовленных химиков, а сугубо научная проблема выяснения химического строения и причин изомерии высших жирных кислот, в первую очередь олеиновой и элаидиновой, а затем эруковой и брассидиновой кислот, решалась в лаборатории А. М. Зайцева им самим и его учениками. В начале 1885 г. появилась заметка Грёгера⁷ об окислении жирных кислот сала марганцовокислым калием в щелочном растворе, причем автор работ делал предположение, что в олеиновой кислоте должно содержаться по меньшей мере 26 атомов углерода.

Эта заметка побудила А. М. Зайцева опубликовать без промедления полученные им результаты.

В предварительных опытах А. М. Зайцев и его сотрудник В. М. Сырнев [43, с. 417] нашли, что если окисление олеиновой кислоты марганцовокислым калием вести без прибавления щелочи, то происходит «расщепление углеродного ядра олеиновой кислоты» и образуется смесь нескольких двухосновных предельных кислот, из которых одна, по всей вероятности, является азелаиновой кислотой $C_7H_{14}(COOH)_2$. Удивительно, что А. М. Зайцев не обратил должного внимания на этот факт и что вообще эта реакция деструктивного окисления и исследование возникающих продуктов не представляли для него большого интереса.

А. М. Зайцев осуществил следующие превращения олеиновой кислоты. Окисление марганцовокислым калием

в щелочном растворе привело к дигидроксистеариновой кислоте $C_{17}H_{33}(OH)_2COOH$. При нагревании последней с иодоводородом образовалась «иодстеариновая» кислота $C_{17}H_{34}JCOOH$. Восстановление последней водородом (цинк + соляная кислота) привело к стеариновой кислоте $C_{17}H_{35}COOH$, чем опровергалось мнение Грёгера о том, что при окислении олеиновой кислоты получается кислота, содержащая 26 атомов углерода.

Реакция иодстеариновой кислоты с водной окисью серебра дала оксистеариновую кислоту, которая через иодстеариновую кислоту привела опять же к обыкновенной стеариновой кислоте.

Свою диоксистеариновую кислоту А. М. Зайцев сравнил также с диоксистеариновой кислотой, полученной Овербеком⁸ действием водной окиси серебра на кислоту, которая образуется в свою очередь при присоединении двух атомов брома к олеиновой кислоте и которую Овербек назвал изодиоксистеариновой кислотой. А. М. Зайцев показал, что обе диоксистеариновые кислоты тождественны. При перегонке диоксистеариновой кислоты вполне определенных результатов не было получено — можно было только утверждать, что она при этом расщепляется с выделением воды.

Изучая побочные продукты окисления олеиновой кислоты, А. М. Зайцев нашел, что в их числе находятся летучие кислоты, имеющие такой же состав, как и капроновая кислота, а среди твердых кислот констатировал присутствие азелаиновой кислоты.

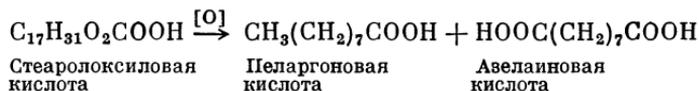
Окисление элаидиновой кислоты дало также диоксистеариновую кислоту (т. пл. 99—100°С), которая, однако, «резко» отличалась от диоксистеариновой кислоты, полученной окислением олеиновой кислоты (т. пл. 136, 5°С).

Из своих опытов А. М. Зайцев сделал выводы, что окисление олеиновой кислоты аналогично бромированию: сначала происходит переход двойной связи в одинарную, к освободившимся двум единицам сродства при бромировании присоединяются два атома брома, а при окислении — атом кислорода. Таким образом, А. М. Зайцев принял механизм окисления, предложенный А. П. Эльтековым к его диссертации «Материалы по вопросу о молекулярных перемещениях между углеводородами ряда этилена» (1884), на которую А. М. Зайцев и ссылается. Таким образом, в первую стадию должна образовываться

глицидная (эпокси)кислота, которая присоединяет воду и переходит в диоксикислоту.

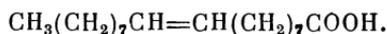
В заключение А. М. Зайцев писал: «В настоящее время, хотя мы не обладаем такими фактами, которые позволяли бы прочно установить положение двойной связи, занимаемое в строении oleиновой и элаидиновой кислот, тем не менее содержание (отношение. — Г. Б.) этих кислот к сплавленному едкому кали, причем получают из них тождественные продукты: пальмитиновая и уксусная кислоты, говорит в пользу того, что в котором-нибудь из этих изомеров содержится двойная связь у пары атомов углерода соседних с карбоксилем» [43, с. 434—435]. Решить этот вопрос «в окончательной форме» могут, согласно А. М. Зайцеву, дальнейшие опыты по окислению названных кислот различными окислителями.

Формулу $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}=\text{CHCOOH}$ приписывали oleиновой кислоте на основании сплавления ее с едким кали, что приводило к образованию пальмитиновой $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ и уксусной кислоты CH_3COOH , как это установил Варрентрапп (F. Varrentrapp) в 1840 г.; однако еще до конца 60-х годов не подозревали, что при сплавлении с едким кали происходит миграция двойной связи. В 1878 г. Лимпах⁹ провел следующую серию превращений, исходным веществом которых была oleиновая кислота:

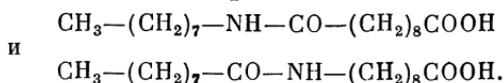


Исходя из природы конечных продуктов окисления (дымящей азотной кислотой), Лимпах пришел к предположению, что стеаролоксидовой кислоте отвечает формула строения $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COCO}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, а стеароловой — формула $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, и отметил, что это противоречит общепринятой формуле oleиновой кислоты.

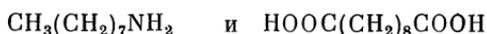
Е. Е. Вагнер в своей докторской диссертации (1888) на основании работы Лимпахa прямо указал, что oleиновой кислоте должна отвечать формула



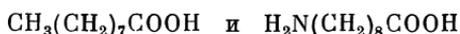
Это и было подтверждено в 1894 г. экспериментально Барухом¹⁰. Последний сначала (1893 г.) бегеноловую, а затем (1894 г.) стеароловую кислоты превратил в кетоны, кетоны в кетоксимы, две стереоизомерные формы которых дают в результате бекмановской перегруппировки два изомера:



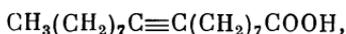
Продуктами их расщепления были



для первого изомера и



для второго; отсюда вывод, что стеароловой кислоте отвечает формула



а конфигурациям олеиновой и элаидиновой кислот отвечают соответственно формулы



Эта работа Баруха считается решающей для правильного установления строения названных кислот.

Очевидно, что в своих выводах А. М. Зайцев был неправ. Работу Лимпаху он не принял во внимание и даже на нее не ссылается, хотя самый факт получения азелаидиновой кислоты в опытах А. М. Зайцева по окислению олеиновой кислоты мог бы, в сопоставлении с результатами Лимпаху, привести к выводам, которые позднее были сделаны Е. Е. Вагнером.

Пока же в лаборатории А. М. Зайцева накапливался материал по окислению других высших кислот. Его сотрудники и студенты в течение 1887—1892 гг. провели окисление марганцовокислым калием кислот льняной (линолевой), рициноолеиновой, эруковой и брассидиновой, а также применили тот же окислитель для установления состава естественных жиров различного происхождения¹¹.

После опубликования первых работ А. М. Зайцева и его сотрудников появились сообщения за границей об исследованиях тех же объектов и теми же методами, причем с претензиями оставить за собой монопольное право на разработку данной области. Особенное возмущение А. М. Зайцева вызвало «крайне необычное», как он выразился, отношение Бауэра и Гацуры в Австрии¹², а также Фиттига в Германии¹³ и их сотрудников*. Заметку [54] А. М. Зайцев даже специально написал, чтобы «разоблачить» неблагоприятное поведение Гацуры и «оправдать» появление работ своих сотрудников¹⁶. В этой заметке А. М. Зайцев напомнил, что первое наблюдение над образованием оксикислот при окислении соответствующих непредельных кислот марганцовокислым калием принадлежит Кекуле и Аншюцу¹⁷. «Однако, — писал он далее, — важное значение этой реакции для исследования непредельных кислот и вообще непредельных соединений, как показали недавние весьма интересные исследования Е. Е. Вагнера, не было достаточно оценено до появления в свет в 1885 г. моей работы об окислении хамелеоном олеиновой и элаидиновой кислот, в которой мне впервые удалось доказать общность этой реакции и для одноосновных непредельных кислот». Как это, так и аналогичное замечание в адрес Фиттига [53], не возымели действия. В конце концов А. М. Зайцев даже поставил вопрос: «...интересовался бы я спросить, с какими же непредельными кислотами имеем право работать мы?» [54, с. 27].

Через год после своей первой статьи А. М. Зайцев вместе со своими братьями Михаилом и Константином публикуют новую работу [49].

Об этой работе А. М. Зайцев писал А. М. Бутлерову в апреле 1886 г.: «...вторая наша работа, произведенная мною с братьями, касается исследования оксистеариновых кислот различного происхождения. При этом иссле-

* Один из них, К. Э. Регель, опубликовал свою статью не только на немецком¹⁴, но и на русском языке¹⁵. В конце этой статьи он писал, что начал свою работу в Страсбургском университете (в лаборатории Фиттига), а закончил в лаборатории Петербургского университета и Петербургской Академии наук, т. е. в лаборатории А. М. Бутлерова. Регель, «кандидат университета», был членом Отделения химии Русского физико-химического общества.

довании нам удалось сделать несколько интересных наблюдений. Например, получить новый изомер олеиновой и элаидиновой кислот, который имеет температуру плавления около 45° . Этот изомер, названный нами *твердой олеиновой кислотой*, получен нами 2-мя путями: перегонкой одной из оксистеариновых кислот, а также методом последовательного присоединения и отнятия элементов HJ , применив его к обыкновенной олеиновой кислоте. На основании результатов исследования оксистеариновых кислот, которые сообщены в посланной статье и имеют быть опубликованы еще в будущих наших статьях, мы пришли к заключению, что обыкновенная олеиновая кислота имеет, по всей вероятности, строение, выраженное в формуле $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$. Этой формуле только противоречит содержание олеиновой кислоты при сплавлении с KNO_3 , но этому факту едва ли можно придавать (при установлении строения различных олеиновых кислот) серьезное значение, если принять во внимание, что обыкновенная и твердая олеиновые кислоты и элаидиновая кислота дают одни и те же продукты (окисления. — Г. В.): уксусную и пальмитиновую»¹⁸.

В опубликованной работе было проведено сравнение оксистеариновой кислоты, полученной по описанному А. М. Зайцевым способу, с уже известной в литературе оксистеариновой кислотой, образующейся при действии серной кислоты на олеиновую. Авторы (М., К. и А. Зайцевы) показали, что обе кислоты тождественны, но формулу им приписывают неверную:



От иодстеариновой кислоты авторы снова перешли к непредельной кислоте, чтобы сравнить ее с олеиновой и получили два изомера: обыкновенную и «твердую» олеиновую кислоту. Тот же результат был получен и при перегонке оксистеариновой кислоты. Затем те же трое авторов провели специальное исследование [52] своей «твердой олеиновой кислоты» примерно по той же программе, по которой А. М. Зайцев изучал превращения обыкновенной олеиновой кислоты. В частности, они получили третью диоксистеариновую кислоту (т. пл. $77-78^\circ\text{C}$). Выводы следующие: формула иодстеариновой кислоты из обыкновенной олеиновой



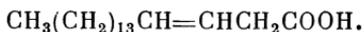
а из изоолеиновой



Отсюда формула изоолеиновой кислоты



а олеиновой



Эти формулы, казалось, удовлетворительно объясняли большинство известных фактов, в том числе и ошибочных, полученных одним из сотрудников А. М. Зайцева при окислении диоксистеариновой кислоты *. Еще в 1898 г. А. М. Зайцев [59] пользуется старой формулой олеиновой кислоты, замечая, что сделанные выводы «не изменяются и при допущении, что в строении олеиновой и элаидиновой кислот двойная углеродная связь находится посередине углеродного ядра, как это принимается в настоящее время некоторыми химиками» [59, с. 138]. Лишь в последней своей работе, уже в 1903 г., А. М. Зайцев пользуется правильной формулой олеиновой кислоты. «Приняв новую формулу олеиновой кислоты, А. М. Зайцев о строении полученных им изокислот не высказывался»²². Впрочем, и другие химики не могли прийти в этом случае к определенному выводу.

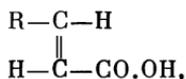
Механизм реакции окисления, описанный в статье 1885 года, А. М. Зайцев, несмотря на критику со стороны Вагнера, отстаивал и позднее применительно к азотной кислоте и другим окислителям [53, с. 1649].

* А. А. Альбицкий¹⁹ указывает в этой связи на опыты Н. Спиридонова²⁰ по окислению диоксистеариновой кислоты марганцовокислым калием. Однако следует иметь в виду — и это относится ко всему циклу работ А. М. Зайцева и его сотрудников по окислению высших непредельных жирных кислот, — что при окислении перманганатом калия, в зависимости от условий окисления, оно может протекать различным образом с образованием «промежуточных и конечных продуктов разного состава и в различных количественных соотношениях». Для того чтобы окисление проходило по двойной связи, его надо вести в растворе ацетона или в ледяной уксусной кислоте, чего А. М. Зайцев и его сотрудники не делали. При некоторых условиях окисление олеиновой кислоты может проходить и по схеме, указанной Спиридоновым²¹.

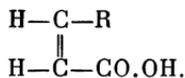
В то время, когда А. М. Зайцев начинал свои исследования высших жирных непредельных кислот, было уже известно, что под влиянием азотистой кислоты происходит изомеризация олеиновой кислоты в элаидиновую. Таким именно путем сам он получил эту кислоту, о чем писал в первой своей статье. В 1892 г. А. М. Зайцев вместе со своими братьями открыл, что такая изомеризация происходит под влиянием двусернистокислого натрия и сернистой кислоты [57]. Был предложен и механизм этой изомеризации, сводившийся к присоединению по двойной связи и последующему отщеплению элементов сернистой кислоты с промежуточным образованием сульфокислот. В лаборатории А. М. Зайцева было показано, что такое превращение происходит и в обратном направлении (А. Альбицкий, 1899) под влиянием тех же реагентов, а также под влиянием серной кислоты [59]. Основываясь на результатах исследований изомеризации брассидиновой в эруковую кислоту (Н. Зайцев, 1892), А. М. Зайцев предложил в 1892 г. следующие формулы, показывающие их геометрическую изомерию [58]:



Формулы для эруковой и брассидиновой кислот имеют аналогичный вид. Однако еще в 1887 г. Вислиценус указал на то, что эти кислоты являются геометрическими изомерами. Как он писал²³, олеиновой и эруковой кислотам, встречающимся в природных жирах, отвечает «пространственная формула»



а искусственно получаемым из них (действием азотистой кислоты) изомерным элаидиновой и брассидиновой кислотам отвечает формула



Вислиценус, на классическую работу которого А. М. Зайцев и ссылается, еще не имел правильного представления

о химическом строении этих кислот (годом позднее было установлено Е. Е. Вагнером), а также дал здесь неверную картину геометрической изомерии названных кислот.

Как уже не раз упоминалось, в 1900 г. Товариществом Крестовниковых был издан сборник с целью показать, что работа заводов Товарищества строится на научной основе. Поскольку сборник предназначался для Международной выставки, то текст его опубликован на двух языках: на русском (четные страницы) и на французском (нечетные страницы). После краткой рекламной аттестации самого завода и его продукции и перечисления наград, полученных фирмой на разных выставках ранее, следует характеристика научно-технической деятельности завода и его лабораторий (хотя дальше говорится о «наших лабораториях») и перечисляются те, под руководством которых она проходит. Это трое братьев Зайцевых — К. М., М. М. и А. М.

Затем следует первая «Историческая часть» (с. 8—30), в которой суммируются работы по изучению высших жирных кислот, начиная с Шевреля и до момента, когда к их исследованию приступили казанские химики.

Отметим, что составитель исторического очерка, а им, очевидно, был А. М. Зайцев, уже подробно рассматривает работы Овербека и Лимпах, а также ссылается на результаты Гроссмана, полученные при окислении бегеновой кислоты. Этой кислоте на основании того, что при сплавлении ее с едким кали была получена арахидиновая кислота $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$, Гроссман придал формулу $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$.

По мнению Гроссмана, образование продуктов окисления, отвечающих и этой формуле, происходит в результате перемещения тройной связи при промежуточном возникновении дикетокислоты — бегеноксидовой кислоты. Поскольку бегеновая кислота генетически связана с эруковой и брассидиновой кислотами, то, согласно Гроссману, в этих кислотах двойная связь находится в $\alpha\beta$ -положении к карбоксилу — вывод, который имел важное значение для А. М. Зайцева, хотя и не отвечал полностью его точке зрения. Непонятно, почему автор исторического обзора поместил разбор работы Гроссмана в первую «Историческую часть» (до 1885 г.) и ссылается на нее, как на предшествующую работам казанских химиков, тогда как работа Гроссмана вышла в 1893 г.²⁴

После этой «Исторической части» следуют, чаще всего в значительно сокращенном виде, тексты 16 опубликованных работ со ссылками на место публикации (Журнал Русского физико-химического общества и Journal für practische Chemie), но без указания авторов. Хронологически рамки этих работ 1885—1899 гг. Среди них несколько [43, 49, 52, 57, 59] было опубликовано А. М. Зайцевым в виде статей. Напечатанные в сборнике фрагменты подобраны так, что упоминания русских химиков, т. е. самого А. М. Зайцева и его учеников или сотрудников, опущены, так же, как и опущены ссылки на их работы. Однако эта нарочитая анонимность нарушается во второй «Исторической части» (о ней далее), где говорится о «наблюдении А. А. Альбицкого, сделанном в нашей лаборатории», причем указывается, что Альбицкий является автором статьи XIII (в ней излагается основное содержание его магистерской диссертации). Поскольку А. А. Альбицкий не был сотрудником Крестовниковых, это замечание однозначно указывает на то, что под «нашей лабораторией» подразумевается лаборатория Казанского университета.

Эта заключительная часть сборника, вторая «Историческая часть», в которой излагаются содержание и результаты исследования высших жирных кислот в других лабораториях после 1885 г. представляет тот особый интерес, что позволяет глубже понять, как эволюционировали взгляды самого А. М. Зайцева на строение этих кислот вплоть до 1900 г. Автор отмечает, что исследование в рассматриваемый период были направлены на выяснение причин изомерии и установление строения олеиновой, эруковой и изомерных им кислот и что исследователи опирались на «стереохимическую гипотезу» Вант-Гоффа — Ле Беля: «... еще в 1886 г. и в 1892 г. нами доказано, что олеиновая и элаидиновая дают диоксистеариновые кислоты, а эруковая и брассидиновая изомерные диоксибегеновые кислоты. Подробное разъяснение согласования всех этих наблюдений со стереохимической гипотезой дано в XI статье «настоящего сборника» [64, с. 120]. Это статья самого А. М. Зайцева [58]*, что лишний раз подтверждает предположение о том, что он является ав-

* Однако на с. 80 сборника указана неправильная страница публикации этой статьи в ЖРФХО.

тором «Исторической части» сборника. Заметим, что «конфигурацию» названных выше кислот А. М. Зайцев поясняет формулами Вислиценуса, приведенными выше*.

«Считая таким образом, — пишет А. М. Зайцев далее, — вопрос об изомерии олеиновой с элаидиновой и эруковой с брассидиновой окончательно решенным, нельзя, однако, того же сказать относительно другого вопроса: о положении двойной углеродной связи в углеродном ядре как названных кислот, так и кислот изолеиновой и изоэруковой» [64, с. 120]. Зайцев напоминает, что когда были получены последние кислоты, то было высказано («нами») мнение, что в них двойная связь непосредственно примыкает к карбоксилу, а в олеиновой и остальных названных выше кислотах в $\beta\gamma$ -положении — к карбоксилу. Зайцев далее пишет, что «многие химики» принимают иное положение двойной связи в названных выше кислотах: в олеиновой и элаидиновой в положении 9,10, а в эруковой и брассидиновой в положении 13, 14. «Зачатки этого воззрения, как ранее мы видели (см. первую, «Историческую часть». — Г. Б.), пахотятся в работах Overbeck'a, Limpach'a и Grossmann'a и они основывались на продуктах расщепления стеароловой и бегеноловой кислот при окислении» [64, с. 122]. А. М. Зайцев соглашается, что этот взгляд был подкреплён и результатами других исследований, из которых наиболее убедительной представляется работа Баруха.

Однако А. М. Зайцев замечает, что «имеются и такие данные, которые не согласуются с этим воззрением» [64, с. 136], и указывает на характер расщепления этих кислот под влиянием расплавленного едкого кали, когда расщепление происходит в положении 2,3, считая от карбоксила, и притом показано, что под влиянием едкого кали в других кислотах возможно перемещение двойной связи в положение 2,3 из положения 3,4, но не из положения 4,5. В то же время «наши формулы строения, — признает А. М. Зайцев, — конечно, не могут объяснить факты расщепления кислот в середине углеродного ядра,

* Ныне на основании температур плавления и теплот сгорания принимается, что олеиновая кислота имеет цис-, а ее более устойчивый изомер — элаидиновая кислота — транс-конфигурацию. Рентгеноструктурное исследование брассидиновой и эруковой кислот (1925 г.) позволило сделать вывод, что первая из них — транс-, а вторая — цис-изомер²⁵.

так как в настоящее время еще не имеется аналогий для перемещения двойной связи с конца углеродного ядра к его середине. Однако, с другой стороны, наши формулы хорошо согласуются с отношением всех упомянутых кислот к расплавленному едкому кали» [64, с. 138]. А. М. Зайцев считает, что его формулами легче объяснить расщепление в положении 1,2 при сплавлении с едким кали кислот изоолеиновой и изоэруковой и тот факт, что из олеиновой и элаидиновой или эруковой и брассидиновой образуется по одной изокислоте, и т. д. В заключение А. М. Зайцев писал: «Итак, в настоящее время известны два ряда фактов, которые приводят к двоякому воззрению о положении двойной углеродной связи в частицах рассматриваемых нами кислот. Но которое из этих воззрений должно быть признано истинным? По нашему мнению, этот вопрос при настоящих наших фактических знаниях следует считать еще открытым, решить который в окончательной форме предстоит будущим исследованиям» [64, с. 140].

Здесь уместно отметить, что «Историческую часть» нельзя считать результатом историко-химического исследования самого А. М. Зайцева. Она по сути представляет собою переложение со значительными опущениями и некоторыми добавлениями «Исторического очерка» в магистерской диссертации А. А. Альбицкого²⁶ «Исторический очерк», занимающий в диссертации Альбицкого 64 страницы из 109, представляет собою обстоятельно написанную историю изучения высших жирных кислот со ссылками на оригинальную литературу (в том числе и на упомянутую статью Гроссмана 1893 г.). А. А. Альбицкий включает в свой очерк также работы А. М. Зайцева, его сотрудников и учеников (то, что в «Исторической части» сборника издания Крестовниковых полностью опущено). А. А. Альбицкий пишет также и о том, что, основываясь на данных Лимпах, Е. Е. Вагнер первым предложил формулу строения олеиновой кислоты с двойной связью между 9 и 10 атомами углерода²⁷. Ссылается автор и на одну экспериментальную работу из лаборатории Вагнера²⁸, посвященную изучению изомеризации олеиновой кислоты под влиянием щелочи. В заключении «Исторического очерка» А. А. Альбицкий подводит итоги обсуждению вопроса о положении двойной связи в олеиновой и «близких к ней» кислотах: «Таким образом, мы имеем

два ряда фактов, на основании которых можно различным образом судить о местоположении двойной связи. Ответить на вопрос, какого же мнения следует держаться, пока невозможно». В заключении к «Исторической части» сборника издания Крестовниковых этот же вывод, как мы уже видели, сформулирован, только другими словами. Продолжая, А. А. Альбицкий отмечает как «довольно характерное для истории этого вопроса обстоятельство», что ни Барух, ни другие химики, занимавшиеся им, «ни словом не упоминают о казанских работах, хотя последние касаются того же вопроса, только приводят к противоположным результатам»²⁹.

В своем развернутом отзыве на магистерскую диссертацию А. А. Альбицкого, очень высоко оценивая ее и даже прямо намекая на то, что ее автор заслуживает большего, чем присуждение степени магистра химии, А. М. Зайцев [100] подробно излагает содержание «Исторического очерка» (фактически конспектирует его). «Исторический очерк» А. А. Альбицкого, отзыв на него А. М. Зайцева (его первые 9 страниц) и «Историческая часть» в сборнике издания Крестовниковых по содержанию очень близки друг к другу, хотя заметно стремление автора последней избежать текстуальных совпадений с «Историческим очерком». Все сказанное выше и позволяет нам считать с очень большой степенью вероятности (и даже называть, как это было сделано не раз выше), что автором «Исторической части» является А. М. Зайцев, но что при написании ее он опирался как на готовый материал на историко-химическое исследование А. А. Альбицкого.

В докторской диссертации³⁰ А. А. Альбицкий (1902) без всякого обсуждения принимает формулы химического строения высших жирных кислот, которые уже были признаны после работы Баруха огромным большинством химиков. В следующем, 1903 г., А. М. Зайцев в совместной статье с сыном Николаем [60] также без объяснения пишет для диоксистеариновой кислоты формулу



соответствующую расположению двойной связи в олеиновой и элаидиновой кислотах посередине углеродной цепи.

Несмотря на то что в установлении правильного строения высших жирных кислот А. М. Зайцева опередили другие химики, его заслуги в этой области органической химии, несомненно, велики. Их можно суммировать следующим образом³¹: он впервые применил окисление высших непредельных карбоновых кислот марганцовокислым калием в щелочном растворе, это позволило ему получать из природных непредельных кислот оксикислоты и твердые и плохо растворимые подиоксикислоты. Последние легче было выделять из смесей и поэтому легче было анализировать состав природных масел и жиров различного происхождения. Были установлены условия изомеризации кислот под влиянием серной кислоты, связанные с перемещением двойной связи и тем самым с изменением химического строения, и превращения олеиновой в элаидиновую и обратно под влиянием не только азотистой кислоты (как найдено было Буде еще в 1832 г., не имевшим, конечно, представления о пространственном строении изучавшихся им кислот), но и сернистой кислоты, был найден путь получения из изомерных кислот (например, олеиновой и элаидиновой) изомерных диоксистерариановых кислот, что представляло и практический интерес.

Не будем перечислять другие результаты, полученные А. М. Зайцевым или его учениками в этой области. И без этого очевидно, что в разработке химии жиров и жирных кислот, основы которой заложены классическими работами Шевреля (1811—1823 гг.), А. М. Зайцеву среди химиков последней четверти XIX в. принадлежит почетное место.

Связь А. М. Зайцева с жировой промышленностью

Завод бр. Крестовниковых, как заметил А. М. Бутлеров после его осмотра, «возник на совершенно рациональных началах науки»³². Он был основан в 1855 г. и являлся сложным химическим, передовым в своей отрасли, предприятием (по сути — комбинатом). Развитие его производств освещено в книгах³³ и³⁴, а здесь скажем немногое. К. М. Зайцев поступил на завод в декабре 1868 г., организовал лабораторию, в конце 1872 г. стал директором завода. На заводе применялись автоклавы и прессы высокого давления, вакуум-дистилляци-

онные и другие сложные аппараты и велись многообразные химические процессы, причем химикам было предоставлено широкое поле деятельности. Другого предприятия с подобными возможностями приложения сил в излюбленной А. М. Зайцевым области олифатических соединений в Казани не было — уже это отчасти объясняет, почему ученый так втянулся в новую для него сферу деятельности, где научные достижения реализовались в производстве. Здесь А. М. Зайцев черпал темы и для своих учеников, причем, можно сказать, «дирижировал» целой «династией» Зайцевых, составивших костяк специалистов завода.

В рекламном издании Товарищества Крестовниковых сказано, что их деятельность «не ограничивалась только управлением заводом и постановкой некоторых технических опытов, но, благодаря просвещенному содействию представителей Товарищества* и сотрудничеству профессора органической химии Казанского университета Александра Михайловича Зайцева с его учениками распространялась на всестороннее научное исследование веществ, принадлежащих области производства, и других родственных им соединений. Задача этих лабораторных работ заключалась не только в том, чтобы составить правильное представление о химических процессах, совершающихся при превращениях упомянутых веществ, но и в стремлении добыть новые данные для решения вопроса о химическом строении исследованных соединений. Постановка сказанных работ на чисто научную почву вызывалась твердым убеждением, что только такое их направление может послужить верным залогом преуспевания и самого производства» [64, с. 6]. Наряду с саморекламой фирмы здесь отчетливо отражено влияние А. М. Зайцева и его школы на постановку производства на заводе.

В течение многих лет на заводе повышали выход твердых жирных кислот, переводя олеиновую кислоту

* Один из членов первого правления фирмы, И. Крестовников.. разбирался в вопросах химической технологии. Позднее в правлении состоял Г. Крестовников — ученик В. В. Марковникова по Московскому университету. Им принадлежит совместное исследование, результатом которого было получение первого в истории органической химии производного циклобутана³⁵. К Г. А. Крестовникову как к главе правления поступали отчеты А. М. Зайцева (архив правления погиб).

в изоолеиновую или в оксистерариновую (был и выпуск свечей марки «оксистерариновые»). В конце XIX—начале XX в. вырабатывались также «элаин» (техническая элаидиновая кислота), искусственное веретенное (смазочное) масло, по составу близкое к амиловому эфиру олеиновой кислоты, и «липогенин» нескольких марок — смеси этиловых эфиров пальмитиновой и изоолеиновой кислоты; он применялся в глазных клиниках, рекламировался как средство при ожогах и насморке. В разработке этих (и подобных им) новых видов продукции участвовал А. М. Зайцев. Автором первых публикаций о липогенине с материалами полного химического и фармацевтического исследования его^{36, 37} был Н. И. Кроммер, а он «волонтером» работал и в лаборатории А. М. Зайцева (см. гл. V). Характерны условия, на которых правление «Фабр.-торг. т-ва бр. Крестовниковых» приглашало А. М. Зайцева в консультанты. В 1887 г. в протоколе записали: «по примеру прошлых лет для исследования научным путем предлагаемых ему директором завода Товарищества вопросов, относящихся к заводопроизводству нашему, с тем, чтобы результаты этих исследований поступали в исключительную собственность нашего Товарищества и сообщались директору завода, а чрез сего последнего Правлению, — постановили пригласить А. М. Зайцева на текущий 1887 год, с вознаграждением в размере тысячи рублей в год»³⁸. (На следующий год записали то же, но сумму подняли до 1500 руб.³⁹, а дальше сведений нет). Как видим, хозяева-капиталисты считали, что они покупают труд ученого и вправе засекречивать его достижения. В статьях А. М. Зайцева встречаются указания, что результаты получены давно, а публикуются в связи с угрозой потери приоритета. Больше Зайцев уступить не мог, и правление фирмы сняло свой запрет.

В 1944 г. автор раздела смог ознакомиться с описью содержания карманных записных книжек А. М. Зайцева за 1879, 1882—1883 и 1885 гг.* В них имелось 228 записей об опытах и анализах — всецело по химии жиров и продуктов их переработки. В 68 случаях, судя по описи, упо-

* Описи были сделаны много ранее, с разрешения Н. А. Зайцева, проф. Г. С. Воздвиженским, который в 1945 г. любезно разрешил автору главы снять с них копию. Сколько было у А. М. Зайцева таких книжек по химии жиров, осталось неясным.

мянут завод, во многих других объект исследования имеет к нему прямое отношение. Уже в книжке за 1879 г. имеется 8 заметок о «метолеиновой кислоте», а публиковалось о ней впервые в 1886 г. [49]. Даже эти ограниченные сведения весьма показательны, сами же книжки до нас не дошли. Эта потеря отчасти компенсирована тем, что был найден сборник отчетов о шести неопубликованных работах по химии жиров*. Выявлено, что исследования велись примерно между 1888 и 1904 или 1905 гг., по ряду признаков — лично А. М. Зайцевым, и не на заводе. Главная их тема — изучение состава кислот подсолнечного масла. Животное сало приходилось импортировать, а дешевое подсолнечное масло имелось в стране в избытке. Возник вопрос, нельзя ли использовать его кислоты (а, вернее — продукты их окисления) в стеариновом производстве и мыловарении.

А. М. Зайцев начал с полного исследования состава кислот масла, нашел в нем кислоты пальмитиновую, олеиновую и линолевою и примерно оценил их соотношение. По современным данным⁴⁰, в подсолнечном масле только 8—12% насыщенных кислот; главный интерес представляли ненасыщенные, а Зайцева явно увлекло новое, открывшееся ему в химии жиров, тем более что в целях сопоставления он изучал (хотя и менее глубоко) также состав жидких кислот льняного масла. Методика таких исследований была еще слабо разработана.

А. М. Зайцев нашел, что в составе жидких кислот подсолнечного масла «около 24% изолинолевой кислоты, небольшой процент олеиновой кислоты, а все остальное количество должно принадлежать, по всей вероятности, кислоте линолевой». Поскольку был исследован лишь один образец масла, которое «было получено с завода бр. Крестовниковых», и без указания географического происхождения (что очень важно), то вывод Зайцева мог быть лишь ориентировочным**.

Где же А. М. Зайцев вел работу для завода? Скупые сведения о состоянии заводской лаборатории тех лет дает нам некролог А. М. Зайцева. В нем сказано: «В за-

* В 1950 г. автор раздела подробно охарактеризовал их содержание³³.

** Подробно содержание отчетов А. М. Зайцева рассмотрено в книге автора этих строк⁴¹.

водской лаборатории постоянно он ставил опыты или сам или это проделывали по его инициативе заводские химики. Многие из этих опытов, к сожалению, не были закончены или вследствие неудобства лаборатории, или вследствие недостатка времени. Но все же за это время им совместно со своими братьями К. М. и А. М. были напечатаны следующие работы...»⁴². (Названы только три их статьи в ЖРФХО за 1886, 1888 и 1892 гг.) Библиотека лаборатории была очень богатой (она сохранилась).

Для А. М. Зайцева неудобство лаборатории состояло еще в том, что завод расположен довольно далеко от университета, за консультантом завод раз, иногда два раза в неделю присылал экипаж; лично вести там длительные тонкие опыты, бывая наездами, нельзя было.

Университетскую лабораторию мы выше (гл. 5) в этом смысле поставили под сомнение. Работая на виду у студентов и сотрудников, все время общаясь с ними, А. М. Зайцев вряд ли мог вести не подлежащие огласке длительные и сложные исследования. Правда, он все же имел и свое место у знаменитого окна, а лаборатория была открыта для студентов только до трех часов дня. Но работал ли в ней сам профессор и в более поздние часы, а также в дни, когда студентов не было?

И наконец, он имел личную лабораторию в доме, где прожил ряд лет*. Молодой химик Я. М. Лопаткин примерно в 1918 г. участвовал в обследовании этого дома и видел еще сохранившуюся, хорошо устроенную лабораторию А. М. Зайцева (но подробностей не помнит)⁴³.

В 1918 г. В. И. Ленин в следующих словах охарактеризовал выработанный последовательными социалистами взгляд на положение науки в капиталистическом обществе: «...только социализм освободит науку от ее буржуазных пут, от ее порабощения капиталом, от ее рабства перед интересами грязного капиталистического корыстолюбия». Далее В. И. Ленин говорил: «Только социализм может осуществить это. И мы знаем, что он должен осуществить это...»**.

* Лаборатория помещалась в доме Александрова (ныне не сохранившемся) на углу улиц Грузинской (К. Маркса) и Комиссарнатской (Комлева). А. М. Зайцев жил в нем до постройки собственного дома.

** Ленин В. И. Речь на I съезде Советов народного хозяйства 26 мая 1918 г. — Полн. собр. соч., т. 36, с. 381.

Именно подобное мы видели на примере исследований по химии жиров, выполнявшихся для казанского завода. При своевременном опубликовании они явились бы большим вкладом в науку. Но интересы капитала, в одних случаях стимулировавшие разработку химии и технологии жиров в России, в других тормозили распространение достижений ученых; теряла приоритеты и Россия. При социализме раскрывается то, что утаивалось в интересах капиталистической фирмы. Но и по опубликованным до 1910 г. трудам вклад А. М. Зайцева оценивался очень высоко.

У него не было публикаций по вопросам технологии, однако в его учебнике органической химии [88, с. 412, 413] приведены некоторые подробности условий заводского расщепления жиров в автоклавах и очистки глицерина (в том числе — перекристаллизацией). В 1928 г. в одной из резолюций, принятых на V Менделеевском съезде по чистой и прикладной химии, было записано: «...является необходимым... издание трудов классиков русской литературы по жирам — А. М. Зайцева, А. П. Лидова, С. А. Фокина, В. Н. Ипатьева и др., как недостающее пособие при подготовке квалифицированных химиков в области мыловарения, олифования, гидрогенизации, глицеринового производства и т. д.»⁴⁴ Характерно, что это была резолюция секции прикладной химии, что был подчеркнут именно интерес технологов и что первым среди классиков «по жирам» ими был назван Александр Михайлович Зайцев.

Заключение

Перейдем к вопросу об оценке работ А. М. Зайцева в литературе. В первую очередь следует обратиться к отзывам А. М. Бутлерова.

Не считая отзывов, сделанных еще во время пребывания в Казанском университете, А. М. Бутлеров высказывался о работах А. М. Зайцева трижды: в 1876 г. в связи с присуждением в Петербургской академии наук Ломоносовской премии Ф. Ф. Бейльштейну¹, в 1882 и 1883 гг. при представлении к избранию в члены-корреспонденты Академии В. В. Марковникова и А. М. Зайцева² и в 1885 г. при представлении в члены-корреспонденты Академии одного А. М. Зайцева³.

Поскольку в первом из этих отзывов речь идет лишь о работах А. М. Зайцева за 1873—1876 гг.*, большой интерес представляют второй и третий отзывы. Во втором из них А. М. Бутлеров писал: «Профессор Александр Михайлович Зайцев в самом начале своей научной деятельности обратил на себя внимание своими интересными исследованиями над некоторыми органическими серу содержащими соединениями. Исследования эти значительно расширили знания об окисях сернистых радикалов и о сульфонах; уяснение химических отношений этих веществ дало автору возможность указать на известные правильности в реакции окисления сернистых радикалов (т. е. алкилсульфидов. — Г. Б.). Дальнейшие исследования г. Зайцева вообще характеризуются изо-

* Согласно правилам о Ломоносовской премии к ней представлялись работы, выполненные в течение последних двух лет, предшествующих представлению.

бретением новых оригинальных и поучительных методов превращения различных органических соединений. Благодаря этим методам Зайцев обогатил органическую химию целым рядом новых и важных органических соединений, между которыми в особенности видное место занимают разнообразные непредельные спирты со своими ближайшими производными. Не мало интереса между этими производными представляют в особенности непредельные углеводороды, а содержание упомянутых спиртов при окислении обращает на себя внимание по своеобразности результатов. Изобретая новые методы и приготовляя ими группы новых тел, г. Зайцев не упускал из вида и общих отношений, как это видно, например, между прочим, из его статьи «О порядке присоединения и выделения элементов иодистого водорода в органических соединениях». В третьем отзыве упоминается также о том, что вслед за работами над сернистыми соединениями А. М. Зайцев «показал интересный способ восстановления кислот», «в самое последнее время, в текущем году, дал новый метод синтеза третичных спиртов из кетонов». В этом же отзыве отмечается и деятельность А. М. Зайцева на педагогическом поприще: «в химической литературе имеется целый ряд исследований, произведенных учениками Зайцева, почти всегда — по его мысли и под его руководством. Многие из этих исследований увенчались интересными и немаловажными результатами и могут свидетельствовать о плодотворной деятельности нашего ученого как академического преподавателя и главы лаборатории».

Что же сам А. М. Зайцев считал наиболее важным из результатов своих исследований? Об этом можно судить по его «Курсу органической химии», изданному в Казани в 1890—1892 гг. (см. гл. 5).

Рассмотрим теперь, что именно сам А. М. Зайцев выделял в своих работах как наиболее важное и оригинальное. Любопытно, что, говоря о правиле отщепления галогеноводородных кислот от галогенопроизводных предельных углеводородов, известном в литературе как «правило Зайцева», он не приводит своей фамилии [88*, с. 97], тогда как, говоря о правиле присоединения элементов

* Здесь и далее в этом абзаце ссылки даны на страницы «Курса органической химии» А. М. Зайцева.

галогенопроизводных кислот к непредельным углеводородам, известном как «правило Марковникова», он дает сразу две фамилии: В. В. Марковников и А. М. Зайцев. Не связано ли это, с одной стороны, с тем, что «правило Зайцева» получило существенное уточнение в работах Вагнера, а с другой, — с тем, что А. М. Зайцев высоко оценивал свое подтверждение правила Марковникова, данное им в докторской диссертации и последующих работах. Свое имя А. М. Зайцев связывает с окисями сернистых соединений (с. 518) и с получением триметилсульфина (с. 517), со способом образования вторичных предельных спиртов исходя из этилового эфира муравьиной кислоты (с. 278), со способом образования третичных спиртов из кетонов, «не содержащих в своем составе метила» (с. 261), с образованием по этой реакции и вторичных спиртов (с. 282), с получением отдельных представителей третичных спиртов как предельного ряда (с. 301—302), так и непредельного ряда (с. 326, 330 и 337) (здесь также упоминаются ученики и сотрудники А. М. Зайцева). В разделе «Спирты» много ссылок на учеников А. М. Зайцева, особенно на Е. Е. Вагнера и С. Н. Реформатского. Однако в разделе, посвященном непредельным углеводородам, говоря о бутиленах и амиленах, А. М. Зайцев своей фамилии не называет. Отсюда следует, что основную свою заслугу А. М. Зайцев видел в разработке способов синтеза и получения вторичных и особенно третичных предельных и непредельных спиртов. Оценки своих работ по исследованиям жирных кислот в 1-й части своего курса он дать не мог, так как соответствующий раздел должен был войти во вторую, не увидевшую свет, часть курса.

Заслуги А. М. Зайцева перед органической химией хорошо резюмировал П. И. Вальден⁴:

«Зайцев был химик-экспериментатор *par excellence*, который почти все свои работы посвятил органической химии, а именно исследованию алифатических соединений». Далее Вальден приводит список из 13 «классических работ» А. М. Зайцева, приходящихся на 1866—1888 гг.* За исключением первых работ по исследованию строения и свойств высших непредельных жирных кис-

* По ошибке Вальден причисляет сюда еще одну работу К. М. Зайцева (типичная ошибка биографов А. М. Зайцева).

лот [43, 52], Вальден, что весьма симптоматично, более поздние исследования в той же области в список «классических» не включает.

Как писал А. Е. Арбузов в «Кратком очерке развития органической химии в России», значение научной деятельности А. М. Зайцева «для развития органической химии очень велико и... определяется чрезвычайным развитием и усовершенствованием бутлеровских синтезов»⁵. В специальном очерке, посвященном А. М. Зайцеву, А. Е. Арбузов писал также: «Разработанные А. М. Зайцевым синтезы имели не только научно-теоретическое значение — они явились необходимым этапом в разработке синтезов сложнейших по строению и интереснейших в практическом, и особенно физиологическом отношении представителей органических соединений. Велика заслуга А. М. Зайцева также в создании своей школы химиков — преемницы казанской бутлеровской школы. Число учеников А. М. Зайцева огромно; в этом отношении Александр Михайлович Зайцев занимает в истории русской химии одно из первых мест»⁶.

Литература

Часть первая

Глава 1

- 1.* *Реформатский А. Н.* Светлой памяти проф. А. М. Зайцева. — Русские ведомости, 1910, 22 авг.
2. *Реформатский А. Н.* Биография Александра Михайловича Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва (ниже ЖРФХО), 1911, т. 43, вып. 6, с. 876.
3. *Реформатский С. Н.* Памяти проф. А. М. Зайцева. — Университетские известия. Киев, 1910, № 11. Приложение 2 к протоколам физ.-хим. о-ва, с. 1—7 отдельной пагинации.
4. *Быков Г. В.* Новые материалы об А. М. Зайцеве. — Вопросы истории естествознания и техники, 1978, вып. 3 (60), с. 91—93.
5. *Капица П. Л.* Мои воспоминания о Резерфорде. — В кн.: Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. 2-е изд. М.: Наука, 1977, с. 227.
6. *Кондаратский М. Ф.* Памяти проф. А. М. Зайцева. — Камско-Волжская речь, 1910, 4 сент. (Встречается и написание «Кандаратский»).
7. Биографический словарь профессоров и преподавателей Казанского университета (1804—1904). Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904, ч. 1, с. 419—420.
8. *Ляпунов Б. М.* Краткий очерк жизни и деятельности А. М. Ляпунова. Л.: Изд-во АН СССР, 1930, с. 3.
9. *Курилов В. В.* Памяти Александра Михайловича Зайцева. — В кн.: «Памяти Александра Михайловича Зайцева (1841—1910) посвящает этот труд химическая лаборатория Имп. Варшавского университета», Варшава, 1911, с. 3.
10. ЦГА ТАССР, ф. 4, оп. 2, № 202, л. 18.
11. Там же, ф. 977, оп. Совет, с. 375, № 12510, л. 3 об.
12. Там же, ф. 309, № 3, л. 8 об.
13. *Гвоздев П.* Историческая записка о второй Казанской гимназии. Казань, 1876, с. 372.
14. *Марковников В. В.* Санкт-Петербургские ведомости, 1901, 6 дек. Цит. по кн.: Платэ А. Ф., Быков Г. В., Эвентова М. С. Владимир Васильевич Марковников. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 7.

* Ссылки 1—5 относятся к разделу «От авторов» (с. 5—6).

15. *Зайцев А. М.* Александр Михайлович Бутлеров. Материалы к биографии его. — В кн.: Речи, произнесенные на торжественном публичном собрании Казанского университета в память А. М. Бутлерова А. М. Зайцевым, И. И. Канонниковым, Н. М. Мельниковым и А. И. Якобием. Казань, 1887, с. 6.
16. *А. М. Бутлеров.* Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов / Под ред. С. А. Погодина и др. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 360.
17. *Михайловский А. И.* Преподаватели, учившиеся и служившие в имп. Казанском университете (1804—1904): Материалы для истории университета. Казань, 1904, ч. I, вып. 2, 1855—1884, с. 472.
18. *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков. — Успехи химии. 1940, т. 9, с. 1387; см. также в кн.: Арбузов А. Е. Казанская школа Химиков. Казань: Кн. изд-во. 1971, с. 43.
19. *Блох М. А.* Биографический справочник. Выдающиеся химики. Л.: Науч. хим.-тех. изд-во, 1931, т. 2, ч. I, с. 631.
20. *Аверко-Антонович И. Н.* Химия в Казанском университете. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968, с. 88.

Глава 2

1. *Альбицкий А. А.* Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского университета. — В кн.: Ломоносовский сборник. М.: 1901, с. 64.
2. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову / Под ред. Г. В. Быкова. — В кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 143—145.
3. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 121, № 230, л. 12 об.—23 об.
4. *Зелинский Н. Д.* Александр Михайлович Зайцев. — Русские ведомости, 1910, 21 авг. Собр. тр., М., 1960, т. 4, с. 512—513.
5. Научная библиотека им. Н. И. Лобачевского Казанского ун-та, Отдел рукописей и редких книг, № 5651.
6. *Платэ А. Ф., Быков Г. В., Эвентова М. С.* Владимир Васильевич Марковников. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 12.
7. *Бутлеров А. М.* О химическом строении вещества. — В кн.: Бутлеров А. М. Избранные работы по органической химии / Под ред. Б. А. Казанского и др. М.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 68—79.
8. Бутлеров А. М. Поездка за границу летом 1861 года и ее результаты. — В кн.: Бутлеров А. М. Сочинения. Т. III. Под ред. А. П. Терентьева и др. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 81.
9. Научная библиотека им. Н. И. Лобачевского Казанского ун-та. Отдел рукописей и редких книг. № 6009.
10. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Юрид. факультет, № 421, л. 19 об.
11. *А. М. Бутлеров.* Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов / Под ред. С. А. Погодина и др. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 114.
12. ЦГА ТАССР, оп. Юрид. ф-та, № 435, л. 46—47. (Автограф).
13. Сенатские ведомости, 1863, № 54. Приложение.
14. ЦГИА СССР, ф. 740, оп. 25, № 386. (Формулярный список о службе А. М. Зайцева).

Глава 3

1. *Альбицкий А. А.* Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского университета. — В кн.: Ломоносовский сборник. М.: 1901, с. 42, 69, 70.
2. Там же, с. 42.
3. *А. М. Бутлеров.* Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов / Под ред. С. А. Погодина и др. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 40—41.
4. Речи, произнесенные на торжественном публичном собрании Казанского университета в память А. М. Бутлерова А. М. Зайцевым, И. И. Канонниковым, Н. М. Мельниковым и А. И. Якобием. Казань, 1887, с. 40.
5. *Быков Г. В.* Александр Михайлович Бутлеров. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 115.
6. Музей НИХИ им. А. М. Бутлерова при Казанском ун-те: Фонд документов Казанской химической школы. Короб 1, без номера.
7. *Платэ А. Ф., Быков Г. В., Эвентова М. С.* Владимир Васильевич Марковников. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 37.
8. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 7.
9. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Совет, № 10802, л. 10 об., 15 об., 29.
10. ЦГА ТАССР, ф. 92, оп. 1, № 9675, л. 1, об.
11. Там же, л. 3. Отметим три ошибочных сообщения: П. И. Вальден в «Очерке истории химии в России» (Одесса: Матезис, 1917, с. 495) сообщил, что А. М. Зайцев был избран ординарным профессором и заведующим лабораторией химии после увольнения Марковникова. М. А. Блох в «Биографическом справочнике химиков». Л.: Науч. хим.-тех. Изд-во, 1931, т. II, вып. 1, с. 631) упомянул, будто А. М. Зайцев в 1869 г. стал доцентом Петербургского университета. В книге А. Ф. Платэ и др. [7, с. 38] сказано, что А. М. Зайцев был приват-доцентом.
12. Известия и Ученые записки Казанского университета, 1870. с. 283—284.
13. Известия Казанского университета, 1871, т. VI, с. 223; т. VII, с. 251.
14. Там же, т. VII, с. 259, 264.
15. *Корбут М. К.* Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина за 125 лет (1804/05—1929/30). — Казань: Изд-во КГУ, 1930, т. II, с. 23.
16. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Совет, № 18635, лл. 105, 118.
17. Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3 (личный А. Е. Арбузова), оп. 3, № 56, л. 1.
18. *Гречкин Н. П., Кузнецов В. И.* Александр Ерминингельдович Арбузов / Под ред. Н. А. Фигуровского. М.: Наука, 1977, с. 165.
19. Известия и Ученые Записки Казанского университета, 1867, вып. 1, с. 39.
20. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Юрид. фа-та, № 429, л. 18 об.—22 об.
21. Памяти Михаила Михайловича Зайцева. — ЖРФХО, 1904, т. 36, с. 159 (аноним.).
22. Автобиография М. М. Зайцева (рукопись) в личном фонде автора главы.

23. *Кузнецов П. И.* Михаил Михайлович Зайцев. — Известия Донского политехнического института. 1919, т. 7, отдел I, с. 1—3.
24. Биографический словарь профессоров и преподавателей Казанского университета (1804—1904)/ Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904, ч. 1, с. 333—334.
25. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Совет, № 826, л. 8 об.

Глава 4

1. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 264.
2. *Альбицкий А. А.* Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского университета. — В кн.: Ломоносовский сборник. М.: 1901, с. 44.
3. Известия и Ученые записки Казанского университета, 1865, вып. 5, с. 435.
4. Бутлеров А. М. Научная и педагогическая деятельность. Сб. документов./ Под ред. С. А. Погодина и др. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 40, 49.
5. Биографический словарь профессоров и преподавателей Казанского университета (1804—1904)/ Под ред. Н. П. Загоскина, ч. 1. Казань, 1904, с. 299—300.
6. *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. III/ Под ред. А. П. Терентьева и др. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 148—149.
7. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 733, лл. 1, 2 об., 3, 6.
8. Там же, № 732, л. 2.
9. *Зайцев А. М.* «Новые исследования о продуктах охлорения хлористого этила и хлористого этилена и новые доказательства существования органических радикалов, у которых парное сродство принадлежит одному из углеродных атомов» Г. Глинского. Казань, 1877, 9 с.
10. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 732, л. 3.
11. *Ключевич А. С.* Флавиан Михайлович Флавицкий. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1978.
12. Известия Казанского университета, 1871, т. VII, с. 295.
13. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 745, лл. 1—2 об.
14. Архив Д. И. Менделеева (Ленинград), Л—В—55—1—97 (год не указан, но не вызывает сомнений).
15. Химический музей Казанского химико-технологического института (КХТИ), ф. Ф. М. Флавицкого. Письмо № 29 Ф. М. Флавицкого к Н. М. Флавицкому от 30 декабря 1876 г.
16. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 715, лл. 4—6 об.
17. Там же, № 799, лл. 2—20 об.
18. Ученые записки Казанского университета, 1881, год 48, с. 10—17.
19. Хим. музей Казанского химико-технологического института, фонд Ф. М. Флавицкого. Письмо (отрывок), без даты.
20. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 661, л. 1 об.
21. Хим. музей Казанского химико-технологического института, фонд Ф. М. Флавицкого. Письмо № 9.
22. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 990, лл. 1—6.
23. Там же, № 1289, л. 1 с об.

24. *Арбузов А. Е.* Избранные работы по истории химии. М.: Наука, 1975, с. 178.
25. *Равич Г. Б., Дуринов Г. Г.* Фазовая структура триглицеридов. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 12.
26. *Козлов В. В.* Очерки истории химических обществ СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 486, 487.
27. *Платэ А. Ф., Быков Г. В., Эвентова М. С.* Владимир Васильевич Марковников. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 137.
28. *Реформатский А. Н.* Памяти проф. Александра Михайловича Зайцева. — ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 6, с. 862.
29. Известия Казанского университета, 1870, т. VI. Протокол первого заседания Общества естествоиспытателей, с. 86.
30. *Корбут М. К.* Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина за 125 лет (1804/5—1929/30). Казань: Изд-во КГУ, т. II, 1930.
31. ЦГА ТАССР, ф. 733, оп. 121, № 230, лл. 1 об., 12 об., 23 об.—26.
32. ЦГИА СССР, ф. 740, оп. 25, № 386.
33. Юбилейное чествование профессора Казанского университета Александра Михайловича Зайцева 5 апреля 1888 года. Казань, 1888, с. 4.
34. *Реформатский А.* Указ. соч.
35. *Мусабегов Ю. С.* Александр Михайлович Зайцев. — Вестник высшей школы, 1956, № 1, с. 56.
36. Камско-Волжская речь, 1908, 11 апр.

Глава 5

1. *Альбицкий А. А.* Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского ун-та. — В кн.: Ломоносовский сборник. М.: 1901, с. 1—71.
2. *Реформатский А. Н.* Биография проф. Александра Михайловича Зайцева. — ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 6, с. 865—869.
3. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 246.
4. *Фастрицкий Н.* Извлечение из отчета Казанского ун-та за 1876 гражд. год. Казань, 1877, с. 72.
5. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, д. 1698, л. 3 об.
6. *Марковников В. В.* Двадцатипятилетие Русского химического общества. — В кн.: Марковников В. В. Избранные труды/ Под ред. А. Ф. Платэ, Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 683.
7. *Корбут М. К.* Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина за 125 лет (1804/5—1929/30). Казань: Изд-во КГУ, 1930, т. II, с. 156—157.
8. Архив Д. И. Менделеева (Ленинград). — I—B—51—62, см. также II—B—24—1—3.
9. Запись выступления А. Е. Арбузова в 1966 г. (фонд автора главы).
10. *Лавров В. В.* Егор Егорович Вагнер. Его жизнь и деятельность. СПб., 1904, с. 48.
11. Юбилейное чествование профессора Казанского университета Александра Михайловича Зайцева 5 апреля 1888 г. Казань, 1888, с. 8.

12. *Никольский В. И.* Воспоминание о проф. А. М. Зайцеве как о лабораторном руководителе. — В кн.: Памяти А. М. Зайцева. Варшава, 1911, с. 62.
13. *Чугаев Л. А.* Письмо к Д. М. Марко от 15 сентября 1910 г. — Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3, оп. 5, № 32, л. 2.
14. *Чугаев Л. А.* Памяти А. М. Зайцева и Ст. Канниццаро. — ЖРФХО, 1910, т. 42, с. 1322.
15. Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3, оп. 5, № 14а, л. 1 с об.
16. *Камай Г. Х.* Мечте навстречу. М.: Сов. Россия, 1970, с. 85.
17. Музей НИХИ им. А. М. Бутлерова при Казанском ун-те документов Казанской химической школы. «Правила для лиц, работающих в Химической лаборатории...» за подписью А. Зайцева (без даты).
18. *Кондаратский М. Ф.* Памяти проф. А. М. Зайцева. — Камско-Волжская речь, 1910, 4 сент.
19. *Жаворонков Н. М.* Памяти Ивана Платоновича Лосева. — Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, 1963, т. VIII, № 4, с. 475—478.
20. *Лосев И. П.* Любимый учитель. — Знание — сила, 1950, № 11, с. 14—16.
21. *Родина В. В.* Жизнь, посвященная науке. — Историко-краеведческие записки. Волгоград, 1974, вып. 2, с. 109—113.
22. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Инспектор, № 35303, лл. 1—29 об.
23. Там же, оп. Испытательная комиссия, № 352 и 354 (листы не нумерованы).
24. Архив МХТИ им. Д. И. Менделеева, оп. 9, св. 2, № 35, л. 22.
25. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 150, № 708, лл. 34—35 об.
26. Запись беседы с проф. А. И. Луньяком в 1950 г. (Фонд автора главы).
27. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 1917, лл. 1—4 об.; № 2186, л. 1.
28. *Абрамов В. С., Вильчинская А. Р., Фриновская В. А.* Памяти Андрея Ивановича Луньяка. — Журн. общей химии, 1954, т. 28, с. 1118—1119.
29. *Они же.* Андрей Иванович Луньяк. — Ученые записки Казанского ун-та, 1957, кн. 9, вып. 2, с. 185—193.
30. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, д. 892, л. 6.
31. Там же, № 949, л. 5.
32. *Вормс В. В., Румовский В. И.* Памяти проф. А. А. Панормова. — Казанский мед. журн., 1927, год XXIII, № 3, с. 270.
33. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 1256, лл. 1—17.
34. Там же, № 1304, лл. 1—15.
35. Там же, № 2089, лл. 1—34.
36. Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3, оп. 4, № 37, л. 7.
37. *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. 1 / Под ред. Б. А. Казанского и др. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 37.
38. *Старосельский П. И., Соловьев Ю. И.* Николай Александрович Меншуткин. М.: Наука, 1969, с. 102—103.
39. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 1336, лл. 1—3 об.
40. *Зайцев А. М.* и др. К вопросу о желательной роли университетов в деле высшего технического образования в России. Казань, 1897.

41. В кн.: «Памяти Александра Михайловича Зайцева (1841—1910) посвящает этот труд химическая лаборатория Имп. Варшавского университета», Варшава, 1911, с. 17.
42. *Разумовский В. И.* Памяти друга. Памяти проф. А. А. Панормова. — Казанский мед. журн., 1927, № 3, с. 271, 272.
43. *Быков Г. В.* Забытые издания лекций А. М. Бутлерова по химии. — Тр. Ин-та истории естеств. и техн., 1954, т. 2, с. 67—90.
44. *Бутлеров А. М.* Лекции органической химии, читанные в С.-Петербургском университете в 1883/84 и 1884/85 гг. СПб., 1885.
45. *Быков Г. В.* К истории стереохимии в России. — Труды Ин-та истории естеств. и техн., 1958, т. 18, с. 281—295.
46. *Реформатский С., Альбицкий А.* Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева. — Журн. Рус. физ.-мат. о-ва, 1911, т. 43, вып. 6, с. 876—932. См. с. 878.

Глава 6

1. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 150, № 944, л. 52.
2. Там же, л. 56.
3. Там же, № 1151, л. 34 об.
4. Там же, л. 68.
5. Там же, л. 92.
6. Имп. Казанский университет. Обзорение преподавания в 1897/98 учебном году. Казань, 1897, с. 13, 35.
7. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 150, № 944, л. 106.
8. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 1698, л. 2—3.
9. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 154, № 41, л. 81, 82.
10. Там же, № 324, л. 255 и сл.
11. Годичный отчет о состоянии Казанского университета за 1908 г. Казань, 1909.
12. Имп. Казанский университет. Обзорение преподавания в 1908—1909 учебном году. Казань, 1908.
13. Годичный отчет Казанского университета за 1910 г. Казань, 1911.
14. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 154, № 324, л. 257.
15. Запись беседы с проф. А. И. Луньяком в 1950 г. (фонд автора главы).
16. *Реформатский А. Н.* Биография проф. Александра Михайловича Зайцева. — ЖРФХО, 1911, т. 43, вып. 6, с. 874.
17. Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3, оп. 4, № 37, л. 6 (письмо от 22 апреля 1910 г.).
18. ЦГИА СССР, ф. 733, оп. 154, № 323, л. 255.
19. С.-Петербургские ведомости, 1910, 6 февраля; Правительственный вестник, 1910, 9 февраля.
20. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 129.
21. ЦГА ТАССР, ф. 977, № 18635, лл. 34—98.
22. *Бекетов Н. Н.* Александр Михайлович Зайцев. — Известия Академии наук, 1910, с. 1469. Ряд других некрологов был назван выше.
23. Хим. музей Казанского химико-технологического института, фонд Ф. М. Флавицкого (рукопись без номера).

24. Корбут М. К. Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина за 125 лет. Т. II. Казань: Изд-во КГУ, 1930.
25. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 2188.
26. Положение о стипендии имени покойного заслуженного ординарного профессора А. М. Зайцева при Казанском университете (оттиск, Казань, 1911).
27. То же (оттиск, Казань, 1914).
28. ЦГА ТАССР, ф. 977, оп. Физмат, № 2146, л. 17.
29. Архив ИОФХ АН СССР (Казань), ф. 3, оп. 4, № 37, л. 6.
30. Там же, № 15, л. 1 и сл.

Часть вторая

Глава 1

1. *Реформатский С., Альбицкий А.* Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1911, т. 43, вып. 6, с. 876—932.
2. Там же, с. 919—932.
3. *Шперль Л. С.* Александр Михайлович Зайцев и его химическая школа. — В кн.: Памяти Александра Михайловича Зайцева (1841—1910) посвящает этот труд химическая лаборатория Имп. Варшавского университета. Варшава, 1911, с. 19—45.
4. Зайцев Александр Михайлович. — В кн.: Биографический словарь профессоров и преподавателей имп. Казанского университета (1804—1904) в двух частях/ Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904, ч. 1, с. 323—325.
5. *Реформатский А.* Биография профессора Александра Михайловича Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1911, т. 43, вып. 6, с. 857—876.
6. Научная библиотека им. Н. И. Лобачевского Казанского ун-та. Русский сектор отдела рукописей и редких книг, № 5651.
7. См.: *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. 3/ Под ред. А. П. Терентьева. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 251—269; см. также *Быков Г. В.* История классической теории химического строения. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 50—60.
8. Бутлеров А. М. Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов/ Под ред. С. А. Погодина. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 40.
9. *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. I./ Под ред. Б. А. Казанского, М.: Изд-во АН СССР, 1953.
10. Научная библиотека им. Н. И. Лобачевского Казанского ун-та. Там же, № 6009.
11. *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. II./ Под ред. Б. А. Казанского, М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 380 и 381.
12. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 880.
13. *Чичибабин А. Е.* Основные начала органической химии, 6-е изд. Т. I./ Под ред. П. Г. Сергеева. М.: Госхимиздат, 1954, с. 294.
14. Там же, с. 295.

15. Бутлеров А. М. Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов./ Под ред. С. А. Погодина. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 50—51.
16. Зайцев М. О сродстве серы в сернистом амилэфиле. — Журн. Русск. хим. о-ва, 1870, т. 2, с. 47—49.
17. Kolbe H. Mittheilungen. — Z. Chem., N. F., 1866, Bd. 2, S. 65—66.
18. Реформатский С., Альбицкий А. Указ. соч., с. 882.
19. Грабовский Н. О действии азотной кислоты на нормальный сернистый бутил. — Журн. Рус. хим. о-ва, 1875, т. 6, с. 282—284.
20. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 119.
21. Труды Второго съезда русских естествоиспытателей по отделу химии. М., 1970, с. 6.
22. Журн. Рус. хим. о-ва, 1869, т. 1, с. 231.
23. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 115.
24. Быков Г. В., Шептунова З. И. Немецкий «Журнал химии» (1858—1871) и русские химики (К истории химической периодики). — Труды Ин-та истории естествозн. и техн., 1960, т. 30, с. 97—110.
25. Быков Г. В. История органической химии (Открытие важнейших органических соединений)/ Под ред. О. Д. Стерлигова. М.: Наука, 1977, с. 40—41.
26. Бутлеров А. М. Сочинения. Т. II./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 511.
27. Lieben A., Rossi A. Ueber den primären und normalen Butylalkohol. — Z. Chem., N. F., 1869, Bd. 5, S. 511—512; Acad. sci. С. г. 1869, t. 68, p. 1561.
28. Марковников В. В. Избранные труды./ Под ред. А. Ф. Платэ и Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 238, 239.
29. Бутлеров А. М. Сочинения, т. I./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 233.
30. Там же, с. 246.
31. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 260.
32. Марковников В. В. Избранные труды, с. 242.
33. Там же, с. 244.
34. Отзыв г[осп.] о[рдин.] п[роф.] Марковникова о сочинении доцента А. Зайцева «Новый способ превращения жирных кислот в соответствующие им алкоголяи, представленном для получения степени доктора химии. — Известия и ученые записки Казанского ун-та [за] 1870, т. 6, вып. 5 и 6, 1872, с. 283—284.
35. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 118.
36. Там же, с. 340.
37. Быков Г. В. Очерк жизни и деятельности Александра Никифоровича Попова. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 232—233.

38. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 118.
39. Там же, с. 119.
40. Kolbe H., Wischin G. Vorläufige Notiz über Phtalsäure-Aldehyd. — Z. Chem., N. F., 1866, Bd. 2, S. 315—316.
41. Hessert J. Ueber den Aldehyd der Phtalsäure. — Berichte, 1877, 10. Jg., S. 1445—1450.
42. Bredt J. Zur Constitution der Lactone. — Berichte, 1880, 13. Jg., S. 748—749.
43. Fittig R. Untersuchungen über die ungesättigten Säuren. 3. Abth. — Lieb. Ann., 1880, Bd. 200, S. 62.
44. Арбузов А. Е. Избранные работы по органической химии/ Под ред. Б. А. Арбузова и Г. В. Быкова. М.: Наука, 1975, с. 125.
45. Там же, с. 126.
46. Реформатский С., Альбицкий А. Указ. соч., с. 913.
47. Там же, с. 914.
48. Мусабегов Ю. С. История органического синтеза в России/ Под ред. Н. А. Фигуровского. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 201, 218.

Глава 2

1. Есафов В. И. Роль русских химиков в развитии металлоорганического синтеза с помощью цинкорганических соединений. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 318—337.
2. Быков Г. В. История органической химии. [Кн. 2]. Открытие важнейших органических соединений. М.: Наука, 1978, с. 245.
3. Петров А. Д. Петербургская школа химиков А. М. Бутлерова. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1961, т. 35, с. 197—211.
4. Бутлеров А. М. Сочинения. Т. I./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 142.
5. Старосельский П. И., Никулина Е. П. Егор Егорович Вагнер. 1849—1903. М.: Наука, 1977, с. 41—42.
6. Быков Г. В. Очерк жизни и деятельности Александра Никифоровича Попова. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 200—245.
7. Есафов В. И. Указ. соч., с. 323.
8. Зайцев М. М. О действии цинк-натрия на смесь иодистого эфила или мэфила с уксусным ангидридом. — Журн. Рус. хим. о-ва, 1870, т. 2, вып. 1, с. 49—51.
9. Журн. Рус. хим. и физ. о-ва, 1874, т. 6, с. 249.
10. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 117.
11. Там же.
12. Бутлеров А. М. Сочинения. Т. I./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 133 и 137.
13. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 118.
14. Старосельский П. И., Никулина Е. П. Указ. соч., с. 40 и сл.

15. *Реформатский С., Альбицкий А.* Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1911, т. 43, вып. 6, с. 876—942. См. с. 892, прим.
16. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 121.
17. *Зайцев М. М.* Синтез и свойства диаллилкарбинола. — Журн. Рус. хим. и физ. о-ва, 1876, т. 8, вып. 9, с. 341—359.
18. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 121.
19. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 895.
20. Там же, с. 916.
21. *Зайцев М. М.* Синтезы в ряду моноциклических кетонов при помощи иодцинкаллыла (Предварительное сообщение). — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1909, т. 41, с. 105—106.
22. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 136.
23. *Меньшиков П.* О действии цинкэтила и иодцинкаллыла на бутирон. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1887, т. 19, с. 38—41.
24. Памяти Михаила Михайловича Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1904, т. 36, с. 459—462.
25. *Канонников И. И.* К вопросу о влиянии строения на светопреломляющую способность органических соединений. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1881, т. 13, с. 268—286.
26. *Бутлеров А. М.* Сочинения. Т. I./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 321.
27. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 126.
28. *Никулина Е. П.* Терпеновый узел. — В кн.: Старосельский П. И., Никулина Е. П. Егор Егорович Вагнер. 1849—1903. М.: Наука, 1977, с. 140 и сл.
29. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 906.
30. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство./ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 136.
31. Там же, с. 138, 139.
32. [Марковников В. В.] — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1885, т. 17, с. 562.
33. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 901.
34. [Арбузов А. Е.] — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1900, т. 32, вып. 9, с. 753.
35. *Арбузов А. Е.* Об аллилметилфенилкарбиноле. — Там же, 1901, т. 33, вып. 1, с. 38—45.
36. *Кузнецов В. И.* Развитие химии металлоорганических соединений в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 42.
37. *Быков Г. В.* История органической химии. [Кн. 2]. Открытие важнейших органических соединений. М.: Наука, 1978, с. 247—248.
38. [Арбузов А. Е.] — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1902, т. 34, вып. 1, с. 8.
39. *Болдырев Б. Г.* К вопросу о приоритете русских ученых

- в синтезах с применением металлоорганических соединений типа $R\text{MgX}$. — Науч. зап. Львов. политехн. ин-та, 1955, вып. 29. Серия хим.-техн., № 1, с. 3—6.
40. *Grignard V.* Sur quelques nouvelles combinaisons organo-métalliques du magnésium et leur application à des synthèses d'alcools et d'hydrocarbures. — C. r. Acad. sci., 1900, t. 130, p. 1322. См. также: *Быков Г. В.* Там же, с. 247.
 41. *Кузнецов В. И.* Указ. соч., с. 43.
 42. *Шевердина Н. И., Кочешков К. А.* Методы элементоорганической химии. Цинк, кадмий/ Под ред. А. Н. Несмеянова. М.; Наука, 1964, с. 5.
 43. *Gaudemar M.* La réaction de Reformatsky au cours des trente dernières années. — *Organomet. chem. rev.*, 1972, vol. 8, p. 182.

Глава 3

1. *Буглеров А. М.* Сочинения. Т. 1./ Под ред. Б. А. Казанского. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 254.
2. *Быков Г. В.* Очерк жизни и деятельности Александра Никифоровича Попова. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 200—245.
3. *Вагнер Е. Е.* К реакции окисления непредельных углеводистых соединений. Варшава, 1888, с. 116.
4. *Реформатский С., Альбицкий А.* Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1911, т. 42, с. 912.
5. *Карташев А., Марко Д.* Новый случай синтеза нафталина. [Протокольная заметка]. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1909, т. 41, с. 531—532.
6. *Вагнер Е. Е.* Указ. соч., с. 123.
7. *Gröger M.* Vorläufige Mittheilung über die Oxydation von Talgfettsäuren mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung. — Berichte, 1885, 18. Jg., S. 1268—1270.
8. *Overbeck O.* Ueber die Abkömmlinge der Oelsäure. — Lieb. Ann., 1866, Bd. 140, S. 39—75.
9. *Limpach L.* Ueber die Oxydationsproducte der Stearolsäure. — Lieb. Ann., 1878, Bd. 190, S. 294—304.
10. *Baruch J.* Ueber die Constitution der Stearolsäure. — Berichte, 1894, 27. Jg., Bd. 1, S. 172—176.
11. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 921.
12. *Bauer A., Hazura R.* Untersuchungen über die Hanfölsäure. — Monatsh. Chem., 1886, Bd. 7, S. 216—229.
13. *Fittig R.* Ueber das Verhalten den ungesättigten Säuren bei vorsichtiger Oxydation. — Berichte, 21. Jg., S. 919—921; Ueber die Oxydation ungesättigter Säuren. — Ibid., S. 1878—1880.
14. *Regel C.* Ueber die Oxydation der Hydropiperinsäuren. — Berichte, 1887, 20. Jg., S. 414—425.
15. *Регель К.* О реакции окисления гидропипериновых кислот. — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1887, т. 19, с. 181—193.
16. *Dieff W., Reformatsky A.* Ueber die Oxydation der Ricinolsäure und Leinölsäure mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung. — Berichte, 1887, 20. Jg., S. 1211—1212.
17. *Kekulé A., Anschütz R.* Ueber Tanatar's Bioxyfumarsäure. — Berichte, 1880, 13. Jg., S. 2150—2152; Ueber Tanatar's Trioxymaleinsäure. — Ibid., 14. Jg., S. 713—717.

18. Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. — В кн.: Научное наследство/ Под ред. Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 142.
19. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 928.
20. *Спиридонов Н.* К истории диоксистеариновой кислоты, получаемой окислением обыкновенной олеиновой кислоты марганцовым калием в щелочном растворе. — Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 1887, т. 19, с. 646—654.
21. *Тютюнников Б. Н.* Химия жиров. 2-е изд. М.: Пищевая промышленность, 1974, с. 153—154.
22. *Реформатский С., Альбицкий А.* Указ. соч., с. 929.
23. *Wislicenus J.* Über die räumliche Anordnung der Atome in organischer Molekule und ihre Bestimmung in geometrisch-isomeren ungesättigten Verbindungen. Leipzig, 1887, S. 46—47.
24. *Grossmann O. v.* Ueber die Oxydationsprodukte der Behenol-säure. — Berichte, 1893, 26. Jg., S. 639—649.
25. См.: *Böeseken J., Belinfante A. H.* La configuration des acides oléique et élaïdique. — Rec. trav. chim., 1926, t. 45, p. 914—918.
26. *Альбицкий А. А.* О некоторых превращениях олеиновой и других близких к ней кислот. Казань, 1898, 109 с.
27. Там же, с. 46.
28. Там же, с. 62.
29. Там же, с. 63—64.
30. *Альбицкий А. А.* К вопросу о стереоизомерии в ряду непредельных одноосновных кислот. Казань, 1902. 94 с.
31. См., например: *Зиновьев А. А.* Химия жиров. М.: Пищепромиздат, 1952, с. 8—9.
32. Камско-Волжская речь, 1873, 26 авг.
33. *Ключевич А. С.* История Казанского жирового комбината им. Мулла-Нур Вахитова (1855—1945). Казань: Татгосиздат, 1950, с. 32—45, 58, 60—62, 70, 72, 90, 264—275.
34. *Ключевич А. С.* Из истории материальной культуры и народного хозяйства России. Моющие средства, переработка жиров с древнейших времен по 1917 г. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1971, с. 292, 328, 341—347, 370—375.
35. *Марковников В. В.* Избранные труды/ Под ред. А. Ф. Платэ и Г. В. Быкова. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 433, 435.
36. *Кроммер Н. В.* Липогенин. Казань, 1908 (Оттиск одноименной статьи из журнала «Фармацевт» за 1899 г.).
37. *Перекропов А. И.* О липогениновых растворах при лечении глазных болезней. — Русский врач, 1909, № 17. Оттиск.
38. ЦГА ТАССР, ф. 300, оп. 17, д. 500, л. 1. Деньги переводились из Москвы на имя К. М. Зайцева «для передачи...»
39. Там же, л. 17.
40. *Тютюнников Б. Н.* Указ. соч., с. 428.
41. *Ключевич А. С.* Указ. соч.
42. Памяти Михаила Михайловича Зайцева. — ЖРФХО, 1904, т. 36, с. 453 (аноним).
43. Личное сообщение доц. Я. М. Лопаткина автору в 1976 г.
44. Труды V Менделеевского съезда по чистой и прикладной химии. Резолюции, отчет. списки членов. Казань, 1928, с. 8.

Заключение

1. А. М. Бутлеров. Научная и педагогическая деятельность: Сб. документов. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 205.
2. Там же, с. 267.
3. Там же, с. 274.
4. *Вальден П.* Очерк истории химии в России. — В кн.: Ладенбург А. Лекции по истории развития химии от Лавуазье до нашего времени. Одесса, Mathesis, 1917, с. 361—564. См. с. 488.
5. *Арбузов А. Е.* Избранные работы по органической химии/ Под ред. Б. А. Арбузова и Г. В. Быкова. М.: Наука, 1975, с. 126.
6. *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков/ Под ред. Ю. П. Китаева. Казань: Таткнигиздат, 1971, с. 133.

Журнальные статьи *

1. Ueber Diamidosalicylsäure. — Ann. Chem. Pharm., 1865, Bd. 133, S. 321—329; Sur l'acide diamidosalicylique et sur ses combinaisons avec les acides. — Bull. Soc. chim. Paris, 1865, t. 3, p. 244—250. О диамидосалициловой кислоте. Диссертация на степень кандидата камеральных наук.
2. Ueber die Einwirkung von cyansaurem Kali auf Monochloressigäther. — Ann. Chem. Pharm., 1865, Bd. 133, S. 329—355. — О действии циановокислого кали на монохлоруксусный эфир.
3. Action du cyanate de potasse sur l'éther monochloracétique. — C. r. Acad. sci., 1865, t. 60, p. 671—673; Bull. Soc. chim. Paris, 1865, t. 3, p. 350—356; Ueber die Einwirkung von cyansaurem Kali auf Monochloressigäther. — Ann. Chem. Pharm., 1865, Bd. 135, S. 229—236. — О действии циановокислого кали на монохлоруксусный эфир.
4. Ueber eine neue Reihe organischer Schwefelverbindungen. — Ann. Chem. Pharm., 1866, Bd. 139, S. 354—364. — О новом ряде органических сернистых соединений. Диссертация на степень доктора философии Лейпцигского университета.
5. Ueber die Einwirkung von Jodmethyl auf Schwefelamyläthyl. — Ann. Chem. Pharm., 1867, Bd. 144, S. 145—148. — О действии иодистого метила на сернистый амил-этил.
6. Ueber die Einwirkung von Salpetersäure auf Schwefelmethyl und Schwefeläthyl. — Ann. Chem. Pharm., 1867, Bd. 144, S. 148—156. — О действии азотной кислоты на сернистые метил и этил.
7. О действии азотной кислоты на некоторые органические соединения двуатомной серы и о новом ряде органических сернистых соединений, полученном при этой реакции. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1867, т. 3, вып. 2. Приложение:

* При переводе на русский язык названий статей на иностранных языках мы придерживаемся, если это возможно, переводов их в авторском списке (ЦГИА Ленинград, 1888, ф. 733, оп. 150, № 291, лл. 18 и сл.). Пояснения о диссертационном характере работы текстуально заимствованы оттуда же.

- Из химической лаборатории Казанского университета, с. 1—24. Диссертация на степень магистра химии.
8. О действии иодистого эфила на сернистый амил-эфил. — Там же, с. 25—27.
 9. Eine neue Methode Fettsäuren in entsprechende Alkohole umzuwandeln. — Z. Chem., N. F., 1869, Bd. 5, S. 551—552. — Новый способ превращения жирных кислот в соответствующие алкоголи [Датировано 23 июля/14 августа 1869 г.].
 10. Законность относительно прямого присоединения кислорода к некоторым органическим соединениям двуэквивалентной серы и о действии иодистого эфила на двусернистый эфил. — Журн. Рус. хим. о-ва, 1870, т. 2, с. 53—56; Ueber das Verhältniss, in welchem Sauerstoff zu einigen organischen Derivaten des zweiwertigen Schwefels hinzutritt und über das Verhalten von Jodäthyl gegen Aethylbisulfid. — Z. Chem., N. F., 1870, Bd. 6, S. 108—109.
 11. Neues Verfahren zur Umwandlung der Fettsäuren in deren Alkohole. — Synthese des normalen Butylalkohols. — Z. Chem. N. F., 1870, Bd. 6, S. 105—108. — Новый способ превращения жирных кислот в их алкоголи.
 12. Ueber die Umwandlung des primären normalen Butylalkohols in den secundären Butylalkohol (Methyl-Aethylcarbinol). — Z. Chem. N. F., 1870, Bd. 6, S. 327—328. — О превращении первичного нормального бутильного алкоголя во вторичный бутильный алкоголь (метилэтилкарбинол) [Датировано 2/14 мая 1870 г.].
 13. Новый способ превращения жирных кислот в соответствующие им алкоголи. Нормальный бутильный алкоголь (пропилкарбинол) и его превращение во вторичный бутильный алкоголь (мэфил-эфил-карбинол). Казань: Типогр. Тилли, 1870, 49 с. Диссертация на степень доктора химии [«Извлечение из диссертации»]. — Журн. Рус. хим. о-ва, 1870, т. 2, с. 292—310.
 14. Ein neues Verfahren, die Fettsäuren in die entsprechende Alkohole umzuwandeln. — J. prakt. Chem., N. F., 1871, Bd. 3, S. 76—88. — Новый способ превращения жирных кислот в соответствующие алкоголи.
 15. Ueber das Verhalten des normalen Jodbutyls gegen alkoholische Kalilauge. — J. prakt. Chem., N. F., 1871, Bd. 3, S. 88—102. — Содержание иодистого бутила к спиртовому раствору едкого кали (А. М. и М. Зайцевы).
 16. Umwandlung der Bernsteinsäure in den entsprechenden zweiatomigen Alkohol. — Vorläufige Mittheilung. — J. prakt. Chem. N. F., 1871, Bd. 3, S. 427. — Превращение янтарной кислоты

- в соответствующий двухатомный алкоголь. Предварительное сообщение [Датировано 30 мая 1871 г.].
17. Ueber einige Schwefelderivate der primären Butylalkohole. — *Lieb. Ann.*, 1874, Bd. 171, S. 251—258; О некоторых сернистых производных первичных бутильных алкоголей. — Труды Четвертого съезда русских естествоиспытателей в Казани, прошедшего с 20-го по 30-е августа 1873 года. Казань, 1875. [Вып. 4]. Труды... по отделениям химии, минералогии и т. д., с. 29—34 (Н. Грабовский и А. М. Зайцев).
 18. Ueber die Reduction des Succinylchlorids. — *Lieb. Ann.*, 1874, Bd. 171, S. 258—290; О восстановлении хлористого сукцинила. — Труды Четвертого съезда и т. д., с. 35—58.
 19. Новый синтез алкоголей (Предварительное сообщение). — *Журн. Рус. хим. о-ва и физ. о-ва*, 1874, т. 6, с. 122; Eine neue Amylalkohols. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 175, S. 351—374 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
 20. Синтез диэтилкарбинола, нового изомера амильного алкоголя. — *Журн. Рус. хим. о-ва и физ. о-ва*, 1874, т. 6, с. 290—308; Synthese des Diäthylcarbinols, eines neuen Isomeren des Amylalkohols. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 175, S. 351—374 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
 21. Новый синтез вторичного бутильного алкоголя. — *ЖРХО и ФО*, 1874, т. 6, с. 308—312; Neue Synthese des secundären Butylalkohols. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 175, S. 374—378 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
 22. К вопросу о порядке присоединения и выделения элементов иодистого водорода в органических соединениях. — *ЖРХО и ФО*, 1875, т. 7, с. 289—293; Zur Kenntniss der Reihenfolge der Anlagerung und Ausscheidung der Jodwasserstoffelemente in organischen Verbindungen. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 179, S. 296—301.
 23. О бромистом амиле и амилвом гликоле из диэтилкарбинола. — *ЖРХО и ФО*, 1875, т. 7, с. 293—302; Ueber Amylenbromür und Amylglycol aus Diäthylcarbinol. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 179, S. 302—313 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
 24. Превращение диэтилкарбинола в метилпропилкарбинол. — *ЖРХО и ФО*, 1875, с. 302—312; Umwandlung des Diäthylcarbinols in Methylpropylcarbinol. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 179, S. 313—325 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
 25. О бромистом бутилене и бутиловом гликоле из нормального бутильного алкоголя. — *ЖРХО и ФО*, 1875, т. 7, с. 317—328; Ueber Butylenbromür und Butylglycol aus dem normalen Butylalkohol. — *Lieb. Ann.*, 1875, Bd. 179, S. 325—328 (Н. Грабовский и А. М. Зайцев).

26. Попытка приготовления вторичного спирта с радикалами этилом и аллилом (Предварительное сообщение). — ЖРХО и ФО, 1875, т. 7, с. 328; Versuch zur Darstellung von secundärem Alkohol mit den Radicalen Aethyl und Allyl (Vorläufige Mittheilung). — Lieb. Ann., 1875, Bd. 179, S. 338 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
27. О действии смеси иодистого аллила с иодистым этилом и цинка на муравьиный этильный эфир. — ЖРХО и ФО, 1876, т. 8, с. 359—363; Ueber Einwirkung eines Gemisches von Jodallyl mit Jodäthyl und Zink auf das ameisensaure Aethyl. — Lieb. Ann., 1877, Bd. 185, S. 148—150 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
28. Синтез и свойства аллилдиметилкарбинола. — ЖРХО и ФО, 1876, т. 8, с. 363—380; Synthese des Allyldimethylcarbinols. — Lieb. Ann., 1877, Bd. 185, S. 151—169 (М. Зайцев и А. М. Зайцев).
29. Заметка об образовании и свойствах непредельных спиртов, описанных в предыдущих работах. — ЖРХО и ФО, 1877, т. 9, с. 7—24; Bemerkung über Bildung und Eigenschaften der in den vorhergehenden Abhandlungen beschriebenen ungesättigten Alkohole. — Lieb. Ann., 1879, Bd. 195, S. 175—183.
30. Заметка о приготовлении иодистого аллила и уксусного ангидрида. — ЖРХО и ФО, 1877, т. 9, с. 31—32; Zur Darstellung des Jodallyls und des Essigsäureanhydrids. — Lieb. Ann., 1877, Bd. 185, S. 191—192 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
31. К вопросу о превращении диэтилкарбинола в метилпропилкарбинол: синтез и свойства диэтилуксусной и метилпропилуксусной кислот. — ЖРХО и ФО, 1878, т. 10, с. 107—119; Zur Frage über die Umwandlung von Diäthylcarbinol in Methylpropylcarbinol; Synthese und Eigenschaften der Diäthyl- und Methylpropylessigsäure. — Lieb. Ann., 1878, Bd. 193, S. 349—361.
32. О диаллилпропилкарбиноле. — ЖРХО и ФО, 1878, т. 10, с. 272—276; Ueber Diallylpropylcarbinol. — Lieb. Ann., 1878, Bd. 193, S. 362—366 (П. Зайцев и А. М. Зайцев).
33. Об аллилдипропилкарбиноле. — ЖРХО и ФО, 1878, т. 10, с. 339—342; Ueber Allyldipropylcarbinol. — Lieb. Ann., 1879, Bd. 196, S. 109—112 (П. Зайцев и А. М. Зайцев).
34. Об аллилдиэтилкарбиноле. — ЖРХО и ФО, 1878, т. 10, с. 393—396; Ueber Allyldiäthylcarbinol. — Lieb. Ann., 1879, Bd. 196, S. 113—116 (А. Широков и А. М. Зайцев).
35. Одиаллилизопропилкарбиноле. — ЖРХО, 1879, т. 11, с. 29—30; Ueber Diallylisopropylcarbinol. — Lieb. Ann., 1879, Bd. 197, S. 70—72 (К. Рябинин и А. М. Зайцев).

36. К истории оксивалерьяновой кислоты, происходящей при окислении аллилдиметилкарбинола. — ЖРФХО, 1879, т. 11, с. 31—32; Zur Geschichte der Oxyvaleriansäure welche bei Oxydation des Allyldimethylcarbinols entsteht. — Lieb. Ann., 1879, Bd. 197, S. 72—75 (А. Земляничин и А. М. Зайцев).
37. Zur Constitution des Reductionsproduktes des Succinylchlorids. — Berichte, 1880, 13. Jg., S. 1061—1062. — К вопросу о конституции продукта восстановления хлористого сукцинила.
38. Новые исследования известковой и баритовой солей диэтил- и метилпропилуксусной кислот. — ЖРФХО, 1881, т. 13, с. 120—128; Neue Studien über die Calcium- und Bariumsalze der Diäthyl- und Methylpropylessigsäure. — J. prakt. Chem., 1881, Bd. 23, S. 288—297.
39. О продукте восстановления хлористого сукцинила и о нормальной (гама) оксибутириновой кислоте. — ЖРФХО, 1881, т. 13, с. 479—488; Ueber das Produkt der Reduction von Succinylchlorid und über die normale- γ -Oxybuttersäure. — J. prakt. Chem., 1882, Bd. 25, S. 61—72.
40. Превращение бутиринового лактона в нормальную бутириновую кислоту. — ЖРФХО, 1881, т. 13, с. 555—556; На немецком языке опубликована как часть статьи под № 39; Umwandlung des Butyrolactons in normale Buttersäure. — J. prakt. Chem., 1882, Bd. 25, S. 70—72.
41. Исследование углеводорода $C_{12}H_{20}$, получаемого из аллилдиметилкарбинола. — ЖРФХО, 1887, т. 15, с. 131—139; Untersuchung des aus dem Allyldimethylcarbinol entstehenden Kohlenwasserstoffs $C_{12}H_{20}$. — Berichte, 1883, 16. Jg., S. 1222—1223 (В. Никольский и А. М. Зайцев).
42. Синтез третичных предельных спиртов из кетонов. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 178—179; Synthese der tertiären gesättigten Alkohole aus den Ketonen; Vorläufige Mittheilung. — J. prakt. Chem., 1885, Bd. 31, S. 319—320.
43. О реакции окисления олеиновой и элаидиновой кислот марганцовокислым калием в щелочном растворе. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 417—435; Ueber die Oxydation der Oelsäure mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung. — J. prakt. Chem., 1885, Bd. 31, S. 541—542; Ueber die Oxydation der Oel- und Elaidinsäure mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung. — J. prakt. Chem., 1886, Bd. 33, S. 300—318.
44. О получении многоатомных спиртов с помощью хлорноватистой кислоты. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 452—455.
45. О действии иодистого этила и цинка на бутирон. Синтез этилпропилкарбинола. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 517—524;

- Ueber die Einwirkung von Jodäthyl und Zink auf Butyron. Synthese des Aethyldipropylcarbinols. — J. prakt. Chem., 1886, Bd. 33, S. 193—202 (А. Чеботарев и А. М. Зайцев).
46. О действии иодистого мэтила и цинка на бутирон. Синтез метилдипропилкарбинола. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 524—529; Ueber die Einwirkung von Jodmethyl und Zink auf Butyron. Synthese des Methylidipropylcarbinols. — J. prakt. Chem., 1886, Bd. 33, S. 193—202 (А. Чеботарев и А. М. Зайцев).
47. О действии иодистого этила и цинка на диэтилкетон. Синтез триэтилкарбинола. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 529—533; Ueber die Einwirkung von Jodäthyl und Zink auf Diäthylketon. Synthese des Triäthylcarbinols. — J. prakt. Chem., 1886, Bd. 34, S. 463—467 (С. Баратаев и А. М. Зайцев).
48. О действии подистого пропила и цинка на бутирон, образовании дипропилкарбинола. — ЖРФХО, 1885, т. 17, с. 533—538; Ueber die Einwirkung von Jodpropyl und Zink auf Butyron. Bildungsweise des Dipropylcarbinols. — J. prakt. Chem., 1886, Bd. 34, S. 468—472 (Д. Устинов и А. М. Зайцев).
49. К истории оксистеариновых кислот различного происхождения. — ЖРФХО, 1886, т. 18, с. 328—346; Zur Geschichte der Oxysterarinsäuren verschiedenen Ursprung. — J. prakt. Chem., 1887, Bd. 35, S. 369—390 (М. Зайцев, К. Зайцев и А. М. Зайцев).
50. Александр Михайлович Бутлеров (Материалы к биографии его и очерк его экспериментальных работ). — ЖРФХО, 1887, т. 19, Приложение, с. 13—57.
51. Notiz über die Einwirkung von Jodäthyl und Jodallyl in Gegenwart von Zink auf Malonsäureäthylester. — Berichte, 1887, 20. Jg., S. 698. — Заметка о действии иодистого этила и иодистого аллила в присутствии цинка на этиловый эфир малоновой кислоты.
52. Исследование нового изомера олеиновой кислоты: твердой олеиновой—изоолеиновой. — ЖРФХО, 1888, т. 20, с. 388—407; Ueber eine neue Isoölsäure, die feste Oelsäure. — J. prakt. Chem., 1888, Bd. 37, S. 269—290 (М. Зайцев, К. Зайцев и А. М. Зайцев).
53. Eine Notiz in Bezug auf die Mittheilung von Rudolph Fittig: «Ueber das Verhalten der ungesättigten Säuren bei vorsichtiger Oxydation». — Berichte, 1888, 21. Jg., S. 1648—1649. — Заметка относительно сообщения Р. Фиттига: «О содержании непредельных кислот при осторожном окислении».
54. Заметка по поводу работы Урванцова и Диева над окислением эруковой и рицинолеиновой кислоты. — ЖРФХО, 1889,

- т. 21, с. 24—27; Notiz zu den zwei letzten Arbeiten über die Oxydation der Eruca- und Ricinölsäure. — J. prakt. Chem., 1889, Bd. 39, S. 346—348.
55. Antwort auf die Entgegnung von K. Hazura. — J. prakt. Chem., 1890, Bd. 40, S. 419—421. — Ответ на возражения К. Гацуры.
56. Zur Frage über die Stereoisomerie der Oel- und Elaidinsäure (Vorläufige Mittheilung). — J. prakt. Chem., 1892, Bd. 45, S. 300—302. — К вопросу о стереоизомерии олеиновой и элаидиновой кислот (Предварительное сообщение).
57. О действии двусернистого кислого натрия и сернистой кислоты на олеиновую и эруковую кислоты. — ЖРФХО, 1892, т. 24, с. 477—486; Ueber die Einwirkung von Natriumbisulfit und schwefliger Säure auf Oel- und Erucasäure. — J. prakt. Chem., 1894, Bd. 50, S. 73—80 (М. Зайцев, К. Зайцев и А. М. Зайцев).
58. Заметка по вопросу о строении олеиновой, эруковой и изомерных им кислот. — ЖРФХО, 1892, т. 24, с. 504—508*. Zur Frage nach der Constitution der Oelsäure, Erucasäure und der mit ihnen isomeren Säuren. — J. prakt. Chem., 1894, Bd. 50, S. 81—86.
59. О действии серной кислоты на элаидиновую кислоту. — ЖРФХО, 1898, т. 30, с. 131—138; Ueber die Einwirkung von Schwefelsäure auf Elaidinsäure. — J. prakt. Chem., 1898, Bd. 57, S. 27—35 (А. Щербаков и А. М. Зайцев).
60. Отношение некоторых солей диоксистеариновой кислоты, получаемой окислением хамелеоном олеиновой кислоты в щелочном растворе при нагревании до высокой температуры. — ЖРФХО, 1903, т. 35, с. 1193—1197 (Н. Зайцев и А. М. Зайцев).
61. Об отношении иодцинкаллила к уксусному ангидриду. — ЖРФХО, 1904, т. 36, с. 16—17.
62. О действии иодцинкаллила на ангидриды одноосновных кислот. — ЖРФХО, 1907, т. 39, с. 1232—1239.

Сборники

63. Стеариново-мыльный и химический завод фабрично-торгового товарищества братьев Крестовниковых в России. Некоторые сведения для выставки в Чикаго 1893 года. Москва, 1893, 90 с.

* Эта работа при реферировании в Bull. Soc. chim. France (1893, т. 10, p. 212—214) приписана И. Кондакову.

В сборнике с некоторыми сокращениями воспроизведены на русском и в переводе на английский язык статьи А. М. Зайцева [43, 49, 52].

64. Стеариново-химический и мыловаренный заводы фабрично-торгового товарищества братьев Крестовниковых в России (Казань). Казань, 1900. 140 с.

В сборнике с некоторыми сокращениями на русском и в переводе на французский язык воспроизведены статьи А. М. Зайцева. Кроме того, почти вне всякого сомнения ему же принадлежит «Историческая часть» (с. 8—30, 110—140).

**Сообщения о работах,
зафиксированные в протоколах заседаний
Русского химического общества
(Отделение химии
Русского физико-химического общества)
и съездов русских естествоиспытателей и врачей
и опубликованные в журнале общества**

65. О новом способе для перехода от кислот к спиртам и получении нормального бутилового спирта. — 1869, т. 1, с. 226.
66. Законность относительно прямого присоединения кислорода к некоторым органическим соединениям двухэквивалентной серы и о действии иодистого этила на двусернистый этил. — 1870, т. 2, с. 26.
67. О новом способе превращения жирных кислот в соответствующие алкоголи. — 1870, т. 2, с. 254.
68. О восстановлении хлористого сукцинила. — 1873, т. 5, с. 392.
69. О некоторых сернистых производных изомерных бутильных алкоголей. — 1873, т. 5, с. 393 (А. М. Зайцев и Н. И. Грабовский).
70. Предварительное сообщение о новом синтезе алкоголей. — 1873, т. 5, с. 9 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
71. О синтезе диэтилкарбинола, нового изомера амилового спирта. — 1874, т. 6, с. 250 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
72. О новом синтезе вторичного бутилового спирта $(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5) \cdot \text{CH} \cdot \text{NO}$. — 1874, т. 6, с. 250 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
73. О бромистом амиле и амиловом гликоле из диэтилкарбинола. — 1874, т. 6, с. 314 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).
74. Превращение диэтилкарбинола в метилпропилкарбинол. — 1874, т. 6, с. 314 (Е. Вагнер и А. М. Зайцев).

75. О бромистом бутилене и бутиловом гликоле из нормального бутильного спирта. — 1874, т. 6, с. 314 (Н. Грабовский и А. М. Зайцев).
76. Попытка приготовления вторичного спирта с радикалами этилом и аллилом. — 1874, т. 6, с. 314 (И. Канонников и А. М. Зайцев).
77. О получении аллилдиметилкарбинола $(C_3H_5) \cdot (CH_3)_2 \cdot C(NO)$ действием иодистого аллила и цинка на ацетон. — 1876, т. 8, с. 8 (А. М. Зайцев и М. Зайцев).
78. «При действии иодистого аллила и цинка на уксусный эфир получается диаллилметилкарбинол $(C_3H_5)_2(CH_3)C \cdot NO$ ». — 1876, т. 8, с. 42 (А. М. Зайцев и В. Сорокин).
79. О действии смеси иодистого аллила и иодистого этила в присутствии цинка на муравьиный эфир. — 1876, т. 8 (отд. 2), с. 340—341 (А. М. Зайцев и И. Канонников).
80. О синтезе и свойствах аллилдиэтилкарбинола. — 1876, т. 8 (отд. 2), с. 341 (А. М. Зайцев и М. Зайцев).
81. О синтезе и свойствах диэтилуксусной и метилпропилуксусной кислот. — 1877, т. 9, с. 93.
82. О действии иодистого аллила и цинка на этильный эфир. — 1878, т. 10, с. 235—236.
83. Об аллилдипропилкарбиноле $(C_3H_7)_2(C_3H_5)C(NO)$. — 1876, т. 10, с. 325 (П. Зайцев и А. М. Зайцев).
84. [О строении терпенов]. — 1878, т. 10, с. 365—366.
85. Ответ И. А. Каблукову и В. В. Марковникову (о праве С. Н. Реформатского продолжать исследования над многоатомными спиртами). — 1885, т. 17, с. 452—453.
86. Ответ Н. А. Меншуткину (об изучении свойств и строения олеиновой, эруковой и изомерных им кислот). — 1892, т. 24, с. 364—348.

Учебные пособия

87. Лекции общего курса органической химии, читанные в Казанском университете в 1878/79 году. Составил студент С. Крушинский. Казань: Литография Данилова, 1878/79, XLII+477 с.
 Курс авторизован, т. е. в конце каждого листа имеется подпись А. М. Зайцева.
88. Курс органической химии. Лекции. Часть 1-я. Казань: Типография ун-та, 1890—1892. 873 с.
89. Аналитические таблицы. Первоначальное пособие при практическом изучении качественного минерального анализа.

С этими таблицами, название которых, но без выходных данных, приведено в [107, с. 326], авторам этой книги ознакомиться не удалось. В обозрении преподавания в 1898/99 учебном году (Учен. зап. Казан. ун-та, 1898, кн. 10) в качестве пособия по качественному анализу дважды названы «Аналитические таблицы» проф. А. Зайцева (Казань, 1895).

Отзывы и рецензии

90. Мнение о диссертации г. Криваксина под заглавием «Об окислении хлоргидрина эфилен-гликола», представленной на получение степени кандидата естественных наук. — Изв. Казан. ун-та, 1871, т. 7, вып. 4, с. 206—207.
91. Мнение о диссертации Николая Износкова «Проверка цветометрического определения фосфора по способу Скиндера», представленной для получения кандидатской степени. — Изв. Казан. ун-та, 1872, т. 8, с. 353—355.
92. Мнение о диссертации Александра Туполева, представленной для получения степени кандидата под заглавием «Изомер пировиннокаменной кислоты — эфиле-малоновая кислота, монобромбутириновый эфир». — Изв. Казан. ун-та, 1873, № 5, с. 508—509.
93. [Магистерская диссертация] Г. Глинского «О радикалах в органической химии» (Отзыв, представленный в факультет). — Учен. зап. Казан. ун-та, 1873, кн. 2 (Критика и библиография), с. 340—343.
94. По поводу диспута г. [В. С.] Дьяконова [представившего диссертацию на степень д-ра медицины «О действии разведенной азотной кислоты на разведенный же раствор индигосерной кислоты»]. — Дневник О-ва врачей г. Казани, 1874, № 10, с. 155—157; № 13, с. 194—196.
95. [Отзыв о докторской диссертации] «Новые исследования о продуктах охлорения хлористого этила и хлористого этилена и новые доказательства существования органических радикалов, у которых парное свободное сродство принадлежит одному из углеродных атомов» Г. Глинского. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1877, кн. 2 (Критика и библиография), с. 591—599.
96. [Отзыв о магистерской диссертации] И. И. Канонникова «Материалы по вопросу о влиянии строения на светопреломляющую способность органических соединений». — Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, 1881, кн. 3 (Критика и библиография), с. 6—9.

97. [Отзыв о докторской диссертации:] Ф. М. Флавицкий. О некоторых свойствах терпенов и их взаимных отношениях (Казань, 1880 г.). — Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, 1881, кн. 3 (Критика и библиография), с. 10—17.
98. Мнение [о диссертации] Сергея Реформатского (по органической химии) [удостоенной золотой медали в 1882 г.]. — Изв. Казан. ун-та, 1883, кн. 2, с. 262—265.
99. [Рецензия на кандидатскую диссертацию] Кононовича Н. «Исследование изопропилированного аллилдиметилкарбинола и его метильного эфира». — Изв. Казан. ун-та, 1884, т. 20, кн. 1, с. 182—183.
- 99а. [Предисловие к статье:] П. Гурвич. «Синтез глюкоз и современное воззрение на строение этих соединений». — Учен. зап. Казан. ун-та, 1893, кн. 3, ч. неофиц., с. 75.
100. В физико-математический факультет. Отзыв о сочинении магистранта А. А. Альбицкого под заглавием «О некоторых превращениях олеиновой и других близких к ней кислот», представленном в факультет в качестве диссертации на степень магистра химии. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1898, кн. 10 (Критика и библиография), с. 1—14.
101. [О докторской диссертации:] А. А. Альбицкий. «К вопросу о стереоизомерии в ряду непредельных одноосновных кислот». Казань, 1902 г. (Отзыв в физико-математический факультет). — Учен. зап. Казан. ун-та, 1902, кн. 9 (Критика и библиография), с. 39—50.
102. Отзыв о сочинении [студ. Ф. А. Петрова] на тему «Отношение одного из спиртовых одногалогидпроизводных к уксусному ангидриду в присутствии цинка или магния» (экспериментальное исследование), с девизом: «Иллюзии гибнут, факты остаются». — Учен. зап. Казан. ун-та, 1904, кн. 11, ч. офиц., с. 251—253.
103. Отзыв о сочинении [студ. В. А. Александрова] на тему «Ксантогеновый метод получения углеводов и применение этого метода к получению непредельных углеводов из третичных спиртов», с девизом: «Уже настало время, когда знание механики, физики и химии стало таким же заветом образования, как за 200 лет было знание классиков» (Д. И. Менделеев). — Учен. зап. Казан. ун-та, 1904, кн. 11, ч. офиц., с. 253—256.
104. Отзыв о диссертации А. Е. Арбузова [«О строении фосфористой кислоты и ее производных»], представленной на степень магистра химии. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1906, кн. 9, ч. офиц., с. 219—224.

105. Отзыв о сочинении «Одноатомные неопределенные спирты жирного ряда. Синтез спиртов $C_nH^{2n-5}OH$ », представленном в Физико-математический факультет магистрантом химии А. Н. Реформатским в качестве диссертации на степень магистра химии. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1908, кн. 12, ч. офиц., Отзывы, с. 13—19. См. также выступления А. М. Зайцева на заседании совета по тому же вопросу: Протоколы заседания совета от 30 мая 1908 г., там же, ч. офиц., с. 34—36, 38—41.
106. Отзыв о сочинении приват-доцента Московского университета С. Г. Крапивина [«Действие галоидоангидридов уксусной кислоты на ненасыщенные углеводороды в присутствии галоидных солей алюминия»], представленном в качестве диссертации на степень магистра химии. — Уч. зап. Казан. ун-та, 1910, ч. офиц., с. 52—60.

Автобиографические материалы

107. Автобиографические данные. — В кн.: Биографический словарь профессоров и преподавателей Казанского университета (1804—1904) в двух частях / Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904, ч. 1, с. 323—325; списки трудов, с. 325—332.
108. [Письма к А. М. Бутлерову]. — В кн.: Письма русских химиков к А. М. Бутлерову. Научное наследство. М.: Изд-во АН СССР, 1961, т. 4, с. 115—142.

Прочие работы

109. Доклад о дезинфекции. — Труды О-ва врачей в г. Казани, 1878/79, с. 250—257 (А. М. Зайцев, И. П. Скворцов, А. Я. Щербаков).
110. К вопросу о желательной роли университетов в деле высшего технического образования в России. Казань, 1897 (А. М. Зайцев и др.).

Основная литература об А. М. Зайцеве

1. Юбилейное чествование профессора Императорского Казанского университета Александра Михайловича Зайцева 5 апреля 1888 года. Казань: Типогр. ун-та, 1888, 18 с.
2. *Альбицкий А.* Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского университета. — В кн.: Ломоносовский сборник. Материалы для истории развития химии в России. М., 1901. 42 с. отдельной пагинации.
3. Зайцев Александр Михайлович. — В кн.: Биографический словарь профессоров и преподавателей Казанского университета. 1804—1904 гг./ Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904, ч. I, с. 323—332. Список печатных трудов — с. 325—332. Ссылка на «Автобиографические данные».
4. *Реформатский А.* Биография профессора Александра Михайловича Зайцева (ум. 19 августа 1910 г.). — Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, 1911, т. 43, вып. 6, с. 857—876.
5. *Реформатский С., Альбицкий А.* Ученая деятельность проф. А. М. Зайцева. — Там же, с. 876—942. Список трудов А. М. Зайцева и его учеников — с. 933—942.
6. Сб. «Памяти Александра Михайловича Зайцева (1841—1910) посвящает этот труд химическая лаборатория Варшавского университета». Варшава, 1911, с. 64. Содержание: Курилов В. В. Памяти Александра Михайловича Зайцева, с. 3—17; Шперль Л. С. Александр Михайлович Зайцев и его химическая школа, с. 19—60. Список работ А. М. Зайцева и его учеников, с. 46—60; Никольский В. И. Воспоминания о проф. А. М. Зайцеве как о лабораторном руководителе, с. 61—64.
7. *Корбут М. К.* Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина за 125 лет (1804/5—1929/30). 2-й т. Казань: Изд-во КГУ, 1930. См. именной указатель.
8. *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков. — Успехи химии, 1940, т. 9, вып. 11—12, с. 1378—1394; То же. — Учен. зап. Казан. ун-та, 1941, т. 101, кн. 1, с. 19—56; То же. — В кн.: *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков. Казань. Таткнигиздат, 1971, с. 30—53.
9. *Арбузов А. Е.* Александр Михайлович Зайцев (1841—1910). — В кн.: «Люди русской науки. Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники», т. 1. М.; Л.: Гостехиздат, 1948,

- с. 322—327; 2-е изд.—М.: Физматгиз, 1961, с. 441—447; То же.—В кн.: *Арбузов А. Е.* Казанская школа химиков. Казань: Таткнигиздат, 1971, с. 128—133. См. также: *Арбузов А. Е.* Краткий очерк развития органической химии в России. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1948, с. 73—78; То же.—В кн.: *Арбузов А. Е.* Избранные работы по истории химии. М.: Наука, 1975, с. 124—127.
10. *Ключевич А. С.* История Казанского жирового комбината им. Мулла-Нур Вахитова (1855—1945). Казань: Татгосиздат, 1950, 280 с. Приложение. О неопубликованных научных работах А. М. Зайцева, с. 263—275.
 11. *Лосев И. П.* Любимый учитель (из личных воспоминаний об А. М. Зайцеве). — Знание — сила, 1950, № 11, с. 14—16.
 12. *Волкова Т. В.* Письма А. М. Зайцева к А. М. Бутлерову. — В кн.: Материалы по истории отечественной химии. Доклады на заседании Ленинградского филиала Комиссии по истории химии. М.; Л., 1954, с. 23—39.
 13. *Есафов В. И.* Роль русских химиков в развитии методов синтеза с помощью цинкорганических соединений. — Труды Ин-та истории естествознания и техники, 1955, т. 6, с. 318—337.
 14. *Мусабеков Ю. С.* Александр Михайлович Зайцев. — Вестн. высш. школы, 1956, вып. 1, с. 52—57.
 15. *Мусабеков Ю. С.* История органического синтеза в России/ Под ред. Н. А. Фигуровского. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
 16. *Чугаев Л. А.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1962, т. 3, с. 418—424.
 17. *Ключевич А. С.* К 125-летию со дня рождения А. М. Зайцева. — Маслобойно-жировая промышленность, 1966, № 12, с. 39—41.
 18. *Быков Г. В.* Новые материалы об А. М. Зайцеве. — Вопросы истории естествознания и техники, 1978, вып. 3 (60), с. 91—93.

Содержание

От авторов	5
Часть первая	
Биография. Педагогическая деятельность	7
Глава 1. Детство, гимназия и университет	7
Глава 2. Превращение в ученого	11
Глава 3. От лаборанта до профессора	17
Глава 4. Во главе казанских химиков	26
Глава 5. Условия преподавания. Педагог	37
Глава 6. Эпилог	56
Часть вторая	
Научная деятельность	64
Глава 1. Первые работы. Диссертации	64
Глава 2. Цинкорганический синтез соединений ациклического ряда	93
Глава 3. Реакции окисления и строение высших жирных кислот ациклического ряда	120
Заключение	142
Литература	146
Библиография трудов А. М. Зайцева	160
Основная литература об А. М. Зайцеве	172

**Александр Соломонович Ключевич,
Георгий Владимирович Быков
Александр Михайлович Зайцев**

*Утверждена к печати редколлегией серии
научно биографической литературы
Академии наук СССР*

Редактор *С. И. Литвак*
Редактор издательства *Ю. Г. Гордина*
Технический редактор *Н. П. Кузнецова*
Корректоры *В. А. Бобров, Л. Д. Собко*

ИБ № 15428

Сдано в набор 15.06.79. Подписано к печати 10.12.79.
Т-18980. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1.
Гарнитура обыкновенная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 9,24. Уч. изд. л. 9,7.
Тираж 13200 экз. Тип. зак. 443.
Цена 40 коп.

Издательство «Наука»
117564 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
Ордена Трудового Красного Знамени
Первая типография издательства «Наука»
199034. Ленинград, В-34, 9 линия, 12



А. С. Ключевич, Г. В. Быков

**Александр
Михайлович
ЗАЙЦЕВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ КНИГА:

Казаков Б. И.

ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ БОГОЯВЛЕНСКИЙ

(1880—1943)

1979, 7 л. 50 к.

В книге рассматривается научная и педагогическая деятельность известного советского химика-радиолога Леонида Николаевича Богоявленского. Показано его участие в организации производства радия в Советском Союзе и создании первых методов радиометрической разведки полезных ископаемых. Рассказано о сущности и значении его основных работ в области радиологии, установлении эталонов радия и единиц радиоактивности. Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97

370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13

734001 Душанбе, проспект Ленина, 95

252030 Киев, ул. Пирогова, 4

443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2

197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7-А

117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12

630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22

620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137

700029 Ташкент, Л-29, ул. К. Маркса, 28

450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10

720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42

310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6