

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
Казанского научного центра Российской академии наук

РЕФЕРАТ


для сдачи кандидатского минимума по дисциплине
«История и философия науки»,
Химические науки

на тему:

«Зарождение химической науки»

Выполнил:

аспирант
Сергеева Татьяна Юрьевна



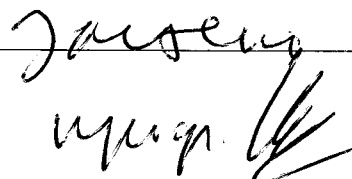
Научный
руководитель:

к.х.н., с.н.с. лаборатории химии
каликсаренов
Зиганшина Альбина Юлдузовна



Проверил:

Заведующий кафедрой Философии
и истории науки КНИТУ **Курашов**
Владимир Игнатьевич



ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	1
ВВЕДЕНИЕ.....	3
НАЧАЛО ХИМИИ В АКАДЕМИИ, ИОГАНН ГЕОРГ ГМЕЛИН.....	4
РОЛЬ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА В ХИМИИ.....	4
ХИМИЯ В ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII ВЕКА.....	7
СОЗДАНИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ НАУКИ. ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ШКОЛ.....	8
ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ-ОРГАНИКОВ.....	11
РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.: ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА И ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ В ЭЩЕСТВ А. М. БУТЛЕРОВА.....	11
ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕФТЕХИМИИ.....	12
ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	17

ВВЕДЕНИЕ

В конце второй половины XVII века, когда на престол возшел молодой царь Петр I, Россия пережила переломный момент в своей исторической линии. Это было связано не только с личностью «великого» преобразователя, но и с ситуацией, сложившейся в данный момент в стране. В России, «оказавшейся на задворках Европы», были плохо развиты многие аспекты производственно-хозяйственной отрасли. Нужно было развивать промышленность, чуть ли не заново создавать армию и флот для защиты страны от враждебно настроенных соседей. Создание флота было связано с использованием более современного оборудования. – возникает необходимость реформирования (а в некоторых случаях и создания) различных отраслей, связанных с производством материалов, выплавки стали и т.д. Естественно, всё это создавало предпосылки для развития отечественной науки, которая была просто необходима для поднятия военной промышленности. В этой связи нужно было срочно решать такую проблему, как нехватка ученых, которых в начале XVIII века в России просто не было.

Созданная по идее Петра I Академия наук объединила в своем первом составе блестящую плеяду молодых ученых из разных стран Европы. Талантливая и смелая молодежь, мечтавшая о больших научных открытиях, не побоялась приехать в далекую и невведомую Россию, где она нашла наиболее благоприятные в то время условия для занятия наукой. Прежде всего, над учеными не тяготело здесь бремя каргезанской догматики, как во Франции, и не давил авторитет Х. Вольфа, как в Германии, или И. Ньютона, как в Англии.

Кроме того, на первых порах петербургские ученые получили и достаточные материальные средства для проведения всех необходимых научных исследований, о которых не могли тогда и мечтать их коллеги из Лондонского королевского общества, сами платившие за право заниматься наукой, или ученые из других небольших государств Европы. Солидной базой для научных исследований при покровительстве Петра I его великодушная библиотека, тщательно собранная при покровительстве Петра I его библиотекарем И. Д. Шумахером по советам лучших специалистов в разных областях науки. Её дополнила богатая коллекция астрономических и физических инструментов, которыми и была оборудована начавшая с 1782 года свою работу астрономическая обсерватория, включавшая небольшую физическую лабораторию. Кроме этого, петербургские ученые получили в своё распоряжение также богатейшие коллекции Кунсткамеры, среди которых находилась и лучшая в то время в мире коллекция анатомических препаратов Ф. Рюйша.

Основатель Российской Академии наук Петр I поставил перед ней, прежде всего, три задачи: 1) всемерное развитие наук, 2) подготовка русских научных кадров и 3) распространение научных знаний, чтобы «через обучение и расположение оных польза в народе впредь была». Хотя в отношении подготовки русских научных кадров на первых порах похвастаться было нечем из-за недостатка молодежи со средним образованием, две другие задачи Академия пыталась выполнять как можно лучше. Только что приехавшие ученые сразу же занялись научными исследованиями. С декабря 1725 года Академия регулярно проводила публичные собрания, которым придавалось тогда большое значение. На них присутствовали весь Сенат, Синод, генералитет, члены императорской семьи, а порой и сама Екатерина I. После её смерти для академии было построено и здание Кунсткамеры.

НАЧАЛО ХИМИИ В АКАДЕМИИ, ИОГАНН ГЕОРГ ГМЕЛИН

Начало занятия химией в Академии наук было положено в 1731 г. избранием в академики Иоганна Георга Гмелина (1709–1755). Гмелину принадлежат первое химическое исследование, опубликованное в «Записках Петербургской академии наук», статья «Об увеличении веса некоторых тел при обжигании». Ссылаясь на опубликованные в 1673 г. опыты Р. Бойля, И. Гмелин отмечает, что увеличение массы многих тел при обжигании есть твердо установленный факт, однако теория этого увеличения предлагается весьма недостаточной. Ученый писал: «Из увеличения веса этих тел после обжигания заключаем, что к ним нечто прибавилось. Но так как при этой операции не добавляется ничего, осязаемого чувствами и, кроме огня от солнца или углей, то многим угодно сделать вывод, что прибавляются некие огненные частички, либо некоторая тонкая материя, либо, как выражаются иные, флогистон». И. Гмелин не присоединился ни к одному из опубликованных объяснений причины увеличения массы металлов при прокаливании и предложил поставить новые опыты, причем так, «чтобы было возможно, наконец, создать либо правдоподобную, либо, если удастся, очевидную и твердо установленную теорию». Для подтверждения возможности загорания металла солнечным и лучами, сфокусированными линзой [1].

В течение XVIII в. химией в академии занимались Иоганн Готлоб Леман (1719–1767), Эрик Густав (Кирилл Густавович) Лаксан (1737–1796), Тобиас Иоганн (Товий Егорович) Ловин (1757–1804), Василий Михайлович Севергин (1765–1826), Апполос Апполонович Муслин-Пушкин (1760–1805) и др. Однако основные достижения этого столетия в области химии связаны с именем Михаила Васильевича Ломоносова (1711–1765).

РОЛЬ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА В ХИМИИ

Несмотря на то, что Ломоносова благодаря исключительно многогранному характеру творческой (математика, физика, химия, науки о Земле, астрономия) и просветительской деятельности с полным правом называют ученым-энциклопедистом, его направление деятельности ученого было направлено на развитие физики и химии. Основное направление деятельности ученого в области химии – стремление обосновать последнюю как науку, опирающуюся на союз с математикой, механикой и физикой.

Михаил Васильевич Ломоносов считал химии одной из главных областей своего научного творчества. Он начал заниматься химическим исследованием уже в ранний период своей деятельности, будучи студентом Марбургского университета. Первый научный труд Ломоносова «О превращении твердого тела в жидкое, в зависимости от движения предсуществующей жидкости» написан в 1738 г. Вторая работа «О различных смешанных тел, состоящем в смешении корпускул» была завершена год спустя. Эти работы будущего ученого явились началом изучения мельчайших частичек материи, из которых состоит вся природа. Через два десятилетия они оформились в стройную атомно-молекулярную концепцию, обобщенную им в ее агаре.

Вернувшись в 1741 г. на родину Ломоносов приступил к экспериментальным исследованиям в области химии. К сожалению, сохранилось очень мало материалов, характеризующих научную деятельность молодого ученого в 40-х годах. Нет, например, сведений об опытах по получению и исследованию «горючего пара», о которых впоследствии Ломоносов упоминал в диссертации «О металлическом блеске». Но еще в 1751 году М.В. Ломоносов выступил с речью, названной им «Слово о пользе химии». В

общих чертах там говорилось о единстве принципов теории и практики, науки и производства. В одной из своих ранних работ, «Элементы математической химии», Ломоносов предложил краткое определение химии. Химия – наука об изменении, происходящих в смешанном теле. Таким образом, в этой формулировке предмета химии Ломоносов впервые представляет ее в виде науки, а не искусства [2]. Ломоносов считал, что чистых веществ в природе почти не существует, что все тела являются смешанными. «Элементы математической химии» представляли собой как бы программу будущих физико-химических исследований, многие темы которой им были впоследствии осуществлены. Ломоносов считал, что истинный химик должен быть одновременно и практиком, и теоретиком, т.е. практиком, способным «положить в основание химии начала механики». Он полагал, что «луже проникнуть в тайна природы» можно лишь на основе применения к химическим процессам разработанной им корпускулярной философии. Он разделяет корпускулы на однородные и разнородные, первые из которых состоят из «одинакового числа элементов одних и тех же, соединенных между собой одинаковым образом». Ко вторым он относит те корпускулы, у которых «элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе. От этого зависит бесконечное разнообразие тел». На этой основе Ломоносов разделяет химические вещества на «начала», «смешанные» и «составные» [2].

Весной 1743 г. Ломоносов написал первый вариант своей известной работы «О действии химических растворителей вообще». Кончался период ее чисто экспериментального развития, когда химики производили с химическими веществами различные операции в большинстве случаев вслепую или на основе туманных представлений, которые оставила в наследство алхимия. 1744 год, получив необходимые химические препараты, Ломоносов осуществил большую серию экспериментов по растворению металлов в кислотах и солей в воде. Эти опыты подробно изложены в окончательном варианте работы, представленном в Академии наук 7 декабря 1744 г. и прочитанном в Академическом собрании в марте следующего года.

Ломоносов разделил все процессы растворения на две группы. К одной он отнес растворение металлов в кислотах, когда в процессе растворения выделяется тепло, а к другой – растворение солей в воде с поглощением тепла. Сначала Ломоносов растворял тонкую железную проволоку в азотной кислоте разной концентрации, наблюдая через микроскоп ход растворения металла. Ломоносов заметил огромную массу отбрасываемых частиц с бесчисленными пузырьками, непрерывно следовавшими друг за другом. Ломоносов обратил внимание, что при растворении металлов в кислотах наблюдается разогревание, а при растворении солей – охлаждение. Затем он определил количество выделившегося при этом газа и его состав. Далее ученый исследовал растворимость гидрата окиси железа и уксуснокислой меди (медной зелени) в азотной кислоте, крепкой и разбавленной. При этом Ломоносов наблюдал и описал явление, известное в наше время как пассивация металла, при котором на его поверхности образуется тонкая защитная пленка, резко замедляющая процесс коррозии. Продолжая свои исследования растворимости металлов в кислотах, Ломоносов осуществил эксперименты растворения меди в условиях вакуума, изучал специфику растворения в азотной кислоте различных металлов: железа, меди, цинка, серебра, свинца и даже ртути. Полученные результаты он сопоставил с удельным весом металлов. Выделение тепла в реакциях Ломоносов объяснял следующим образом: «Частицы металла разнятся по растворителю, взаимодействуют трением на частицы последнего и приводят их во вращение и так как вращательное движение есть причина теплоты». Процессы растворения металлов и солей Ломоносов объяснял с механических позиций, характерных для его эпохи. Подобно Р.Бойлю, он был уверен в пористой структуре как металлов и солей, так и жидких растворителей. В процессе растворения, по мнению Ломоносова, воздух, содержащийся в порах кислоты, внедряется в поры металла и, соединяясь там со «сгущенным» воздухом металла, приобретает «огромную упругость», ломая металл на мельчайшие частицы,

наблюдалось в микроскоп. Избытки «воздуха», образующегося при химическом взаимодействии кислоты и металла, являются одним из продуктов реакции. Ломоносов не знал тогда, что это был водород, свойства которого были изучены А.Лавуазье через два десятилетия после смерти Ломоносова.

Совсем по-другому объяснил Ломоносов растворение солей в воде: «Когда твердые тела делаются жидкими, - писал он, - то частицы их приходят в более быстрое вращательное движение... Вследствие этого частицы соли отделяются от остатной массы и, сцепившись с водными частицами, вместе с ними начинают двигаться поступательно и разносятся по растворителю». Таким образом, процессы растворения Ломоносов объяснял движением частиц жидкости, приводящим в движение частицы твердого тела. Это было то общее, что делало внешне сходными процессы растворения металлов и солей. «Что вода движется внутренним движением, - указывал он, - доказывает растворение солей. Положи только в воду кусок какой-нибудь соли: он упадет на дно, и через час или два ты найдешь всю воду восприимчивой эту соль». То же, по его словам, относится и к другим растворителям, «снгою которых растворяются и переходят в жидкое состояние металлы».

Переходя к процессу растворения солей в воде, Ломоносов, прежде всего, отметил, что «все соли содержат значительное количество воды», она входит в «пору солей», и поэтому воздух, рассеянный в воде, не входит в них и «не может ни расширяться в них от возродившейся упругости, ни действовать на частицы солей». В этом случае, полагает ученый, «частицы соли отделяются друг от друга действием частиц самой воды». Вступая во взаимодействие с находящимися на поверхности частицами соли, вращающиеся частицы воды «трутся о них и одновременно об однородные себе частицы воды, входящие в состав соли, и ускоряют их вращательное движение. Вследствие этого частицы соли отделяются от основной массы и, сцепившись с водными частицами, вместе с ними начинают двигаться поступательно и разносятся по растворителю». При этом, ускоряя вращательное движение частиц соли, частицы воды теряют часть своего вращательного движения, поэтому раствор соли в воде охлаждается [3].

Следует заметить, что Ломоносов основывал свои умозаключения на собственных опытах по растворению металлов и солей в различных условиях и наблюдал, как уже говорилось, процесс растворения в сильный микроскоп с 360-кратным увеличением. В результате ему удалось описать очень точные и тонкие частные наблюдения и высказать новые взгляды на процесс растворения, основывающиеся на его корпускулярной философии.

В 1745 году Ломоносов пишет работу «О металлическом блеске», чуть позже «О рождении и природе селитры». В последней, учёный высказал взгляды о приложении физических законов к химии.

Прошло время, прежде чем учёный получил в своё распоряжение прекрасную химическую лабораторию. В лаборатория производилась экспертная оценка различных красок отечественного производства, и эти краски сравнивались свозимыми из-за рубежа. Создавались и собственные краски. Известно, что удалось получить краску «наподобие берлинской лазури»; предполагал, что создавались и другие краски. Судя по отчётам, такие же работы велись в лаборатории в течение ряда лет, и в результате удалось найти хорошие красящие вещества не только для прозрачных, но и для непрозрачных цветных стекол — эмаль. Их Ломоносов стал готовить для мозаик вначале в химической лаборатории; позднее, не разлагаясь при варке стекла красителей был кропотливым и сложным делом. Набор известных в то время красителей был невелик, многие рецепты содержались мастерами в секрете, по этому Ломоносову пришлось произвести множество опытов, в которых про-зрялись не только рецептура, но и весь технологический процесс варки цветного стекла. Отскакивались необходимые материалы для тиглей и огнеупоров стекловаренных печей, определялся оптимальный режим варки. Как выяснил один из исследователей научного творчества Ломоносова Б.Н.Мешуткин, основным способом получения красителей было осаждение, в результате которого учёный

получал окрашенные тиграты оксидов или основных солей тяжелых металлов. Особенно сложным оказалось раскрытие тщательно охраняемого мастерами секрета варки рубиновых стекол. В результате большой серии опытных варок Ломоносов сумел найти нужную концентрацию золота и способы его введения во фритту (подготовленную стекловую массу) и в 1751 г. сумел создать такое стекло [4].

Довольно большой производительностью отличались печи для варки стекла, называвшиеся «финифтяными печами». Они применялись не только для экспериментальных целей, но и для приготовления значительного количества цветного стекла первых мозаичных картин Ломоносова. Эти же печи могли использоваться и для производства фарфоровых изделий. В первой русской химической лаборатории находились также обжигательные печи и специальные вертикальные печи, в которых длительное время можно было поддерживать заданный температурный режим. Кроме различных печей, в лаборатории находилось много стеклянных и металлических сосудов для хранения реактивов и проведения экспериментов, а также большое число экспериментальных приборов и измерительных аппаратов. Многие из них были сконструированы самим Ломоносовым. Среди них можно назвать изобретенный Ломоносовым специальный прибор для фильирования под вакуумом, значительно ускоряющий этот процесс.

Курс физической химии Ломоносов начинает с определения новой науки: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях». Для того чтобы выяснить, «что происходит в химических телах при химических операциях», необходимо выяснить химический состав тел, или, говоря его языком, определить те «начала», из которых данное вещество состоит. Учёный был убежден, что всякое смешанное тело, какого бы сложного состава оно ни было, может быть разделено на составляющие, «в которых нельзя отделить друг от друга никакими химическими операциями или различить рассуждением разнородные тела». Ломоносов полагал, что существует две группы частных качеств химических тел. В первую группу он выделял те, которые зависят от различного сцепления частиц. Ко второй группе частных качеств Ломоносов относил цвет, прозрачность, вкус, запах. Учёный разработал свою теорию, согласно которой любой цвет (кроме чёрного) можно разложить на три простые составляющие - красный, жёлтый и голубой. Из выдвинутого Ломоносовым положения логически вытекает его утверждение, «что изменение смешанного тела происходит от прибавления или потери одной из нескольких составляющих».

Говоря о применении химикам и воде, Ломоносов обращает внимание на имеющиеся в ней примеси, способные искажать картину химических изменений, поэтому следует «для физического познания составных частей применять самую чистую воду». Далее он указывает на то, что вода входит в состав многих химических веществ, что доказывается изменением их вида при прокаливании. Следовательно, вода, применяемая в качестве средства, должна строго различаться от той, которая «существует в самом теле как составная часть».

Надо сказать, что большинство физико-химических исследований и сочинений Ломоносова остались незаконченными. Можно предположить, что основной причиной тому была незаурядная разносторонность учёного.

ХИМИЯ В ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII ВЕКА

И.Г.Леман, занимавший после М.В. Ломоносова кафедру химии Петербургской академии наук и принимавший участие в исследовании химической лабораторией, исследовал сибирскую свищевую руду - крокоит, описал русские минералы, содержание вольфрама и хром.

издал (1772) переведенные на русский язык руководства по минералогии и пробирному искусству.

Э.Г. Лаксман изучал минеральные богатства Алтая и Восточной Сибири. Будучи непрямимым противником сжигания лесных массивов с целью накопления золы, которая была необходима для получения поташа — главного исходного материала в производстве стекла, Лаксман разработал новый беспоташный способ изготовления стекла на основе природной глауберовой соли (десятиводного сульфата натрия). Он также предложил (1769) способ получения повarenной соли из рапы соляных озер с вымораживанием и выпариванием; разработал технологию соли и квасцов.

В течение всего XVIII в. развитие химических знаний получало действительную поддержку со стороны руководства Академии наук, будь то ее первый президент Л.Л. Блюментрост (1725–1733) или первая женщина-директор Е.Р. Дашкова (1783–1796).

В период конца XVIII — начала XIX столетий наибольший вклад в развитие химической науки внесли академики В.М. Севергин и Т.Е. Ловиц.

В.М. Севергин с 1793 г. — академик (профессор) Петербургской АН. В 1805–1826 гг. он в знак признания высоких научных заслуг шесть раз подряд избирался членом Комитета правления академии. Основные научные работы Севергина посвящены обшей и неорганической химии. Он развил химическое направление в минералогии, считая главной задачей этой науки исследование состава и строения минералов; впервые сформулировал понятие о парагенезисе («смежности минералов»); стоял у истоков колориметрического анализа; предложил (1795) способ количественных определений, основанный на сравнении интенсивности окраски растворов.

Севергин был автором первых русских руководств по химии и химической технологии «Пробирное искусство, или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел» (1801), «Способ испытывать минеральные воды» (1800), «Наставление о лучших способах добывать, приготавливать и очищать селитру в России...» (1812). Он также перепел с французского и переработал «Словарь химический» (т. 1–4, 1810–1813), был основателем и редактором (с 1804) «Технологического журнала».

Т.Е. Ловиц открыл (1785) явление адсорбции углем в жидкой среде и предложил способы очистки на этой основе воды, спирта и фармацевтических препаратов; внес существенный вклад в учение о растворах солей и кристаллохимии; разработал способы получения ледяной уксусной кислоты, кристаллической глюкозы, безводных диэтилового эфира и спирта, а также разделение солей бария, стронция и кальция.

К концу XVIII в. появились первые в России работы в области химии и технологии платины и хрома. Почетный член Петербургской академии наук А.А. Мусин-Пушкин получил ряд «тройных» комплексных солей платины — хлорплатинаты магния, бария и натрия, амальгаму платины, разработал способ получения ковкой платины прокаливанием ее амальгамы. Он впервые получил и описал золь металлической ртути, открыл хромовые квасцы, исследовал сплавы платины с медью и серебром.

СОЗДАНИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ НАУКИ. ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ШКОЛ

Если XVIII столетие можно назвать периодом зарождения российской химической науки, то XIX в. делится на два периода: первая половина — становление отечественной химии, вторая половина — утверждение российских ученых в профессиональном мировом сообществе. При этом выдающиеся открытия Д.И. Менделеева и А.М. Бутлерова стали логическим следствием той огромной деятельности русских ученых, направленной на популяризацию химических и химико-технологических знаний, на развитие отечественной промышленности, которая велась им с начала века.

Петербургская академия наук, в которой в XVIII в. была сосредоточена практически вся российская химия, не потеряла своего значения и в последующее столетие. В 1803 г. был принят ее новый устав, в котором она определялась как главное учебное учреждение страны, а в ее задачи входило усовершенствование наук, просвещение, а также усовершенствование мануфактур, ремесел и фабрик.

В то же время в начале XIX столетия, особенно после Отечественной войны 1812 г., в развитии химии в России появились новые черты. Смена мануфактурного производства фабрично-заводским выдвинула перед учеными множество практических задач, связанных с рациональной постановкой и усовершенствованием способов производства. Это привлекло к тому, что на смену учебно-просветительскому пришло учебно-исследовательское, который видел свою задачу в практическом применении научных знаний. Иными словами, задачей химической науки в этот период стала помощь развитию промышленности и сельского хозяйства на базе природных ресурсов страны.

На рубеже XVIII–XIX вв. произошли изменения и в системе подготовки специалистов и организации научных исследований. В период развивающихся капиталистических отношений расширились торговля, оснащение армии и флота, рост металлургических производств и химических промыслов во многом зависели от наличия собственных специалистов: горных инженеров, химиков, геологов, артиллерийских офицеров, врачей и др. С этой целью создаются такие специальные учебные заведения, как Горное училище, Артиллерийская академия, Инженерное кадетское училище, Медико-хирургическая академия и др.

В начале XIX в. в различных городах России открываются новые университеты и создаются научные общества. В 1802–1803 гг. восстанавливаются университеты в Дерпте и Вильносе. В последующие годы были открыты университеты в Казани (1804), Харькове (1805), Петербурге (1819), Петербургском университете, в отличие от Московского (1755), Казанского и Харьковского университетов, которые готовили преподавателей для гимназий и других школ, было поручено готовить профессоров и научных работников.

С открытием университетов начинается новый период в развитии химии в России — период университетской науки, характерный появлением русской профессуры, русских учебников и журналов по химии, химических лабораторий. В университетах начали зарождаться русские научные школы.

Формирование и деятельность отечественных научно-педагогических школ происходили на фоне принципиальных изменений в мировой химической науке, заключавшихся в том, что в первые десятилетия XIX в. химия на базе новой парадигмы, основанной на кислородной теории Лавуазье (конец XVIII в.) и атомно-молекулярном учении Дальтона и Авагадро (начало XIX в.), твердо встала на путь самостоятельного развития. Более того, началось прорисование ее дифференциации на отдельные неорганическую, органическую, аналитическую химии.

В этой ситуации основной задачей, стоявшей перед российскими университетами, стало привлечение молодежи к изучению естественных и химических наук. Эта задача решалась в первую очередь путем написания оригинальных учебных руководств.

В 1810–1830 гг. русскими химиками была проделана огромная работа по созданию учебно-методических основ преподавания химии, написанию отечественных руководств по химии. Так, в 1808 г. А.И. Шерер (1772–1825), профессор Петербургской медико-хирургической академии, Главного педагогического института и Горного кадетского корпуса, а с 1815 г. — академик Петербургской академии наук издал первый русский учебник — «Руководство к преподаванию химии» (в двух частях). В «Предисловии» он писал о своем стремлении прежде всего к тому, чтобы преподавание химии было «практическим и основательным».

В 1813–1817 гг. было издано пятитомное энциклопедическое руководство «Всобщая химия для учащихся и учащихся» профессора химии Харьковского университета Ф.И. Гизе (1784–1821). Это уникальное издание впервые ознакомило русского читателя с новейшими теориями и открытиями в химии: представлениями К. Бертолле о химическом средстве, законах Пруста, Рихтера, электрохимическими представлениями Г. Дэви и Я. Берцелиуса и др.

Однако для начинающих изучать химию его руководство было слишком объемистым. Поэтому, начиная с 1820 г., профессор русских учебных заведений издает ряд новых руководств по химии.

Первой книгой, достаточно полно отражавшей последние достижения науки и излагающей факты и теории химии в компактной и доступной форме, стал учебник Г.И. Гесса «Основание чистой химии» (1831), который вплоть до выхода в свет «Основ химии» Д.И. Менделеева (1869) был принят в учебных заведениях России в качестве основного руководства по химии.

В историю мировой и отечественной химии имя Германа Ивановича Гесса (1802–1856) вошло не только благодаря его знаменитому учебнику. В первую очередь он известен как создатель первой в России научной школы химиков-неоргаников, один из основоположников термодинамики.

В своих термодинамических исследованиях Г.И. Гесс значительно раньше Х.П. Томсета и П.Э. Бертолле выдвинул (1840) положение, согласно которому величины тепловых эффектов реакций могут служить мерой химического сродства. Открыл (1840) основной закон термодинамики – закон постоянства количества тепла, доказал (1842) правдивость термодинамичности [5].

Фундаментальные термодинамические исследования Г.И. Гесса могли бы стать основой большой исследовательской программы его научной школы. Однако Гесс считал, что для России в тот период требовались специалисты не по термодинамике, а по горному делу, металлургии и аналитической химии. Именно поэтому, создавая первую национальную русскую школу химиков, ученый уделял большое внимание исследованиям именно в этих областях. Среди его учеников такие крупные химики, как П.И. Евреинов (1812–1849), снискавший известность своими работами в области гальванолиза, с 1841 г. – управляющий лабораторией Департамента горных и соляных дел; П.П. Шубин (1817–1843), выполнивший ряд работ в области анализа различных руд, глины, минералов и занимавшийся химией бериллия и его соединений; И.П. Ильмов (1820–1891), крупный специалист в области переработки жиров; Н.А. Иванов (1816–1883), талантливый аналитик, выполнивший точные анализы многих минералов, руд и различных изделий металлургических заводов, в частности первые анализы донецких каменных углей; А.А. Фалеев (1810–1898), выполнивший ряд исследований по химии взрывчатых веществ и в 1844 г. впервые в мире получивший в большом количестве чистый проксилин; Л.И. Шинков (1830–1908), создавший в Михайловском артиллерийском училище в Петербурге одну из лучших в России химических лабораторий и выполнивший в ней ряд оригинальных исследований.

Первым учеником Г.И. Гесса по Главному педагогическому институту был один из наиболее ярких педагогов-химиков XIX столетия, «делушка русской химии» Александр Абрамович Воскресенский (1809–1880). Его деятельность Россия обязана подготовкой целой плеяды химиков. Из научной школы Воскресенского вышли такие известные ученые, как Д.И. Менделеев, Н.Н. Бекетов, П.А. Ильенков, М.В. Скобликов, Н.Н. Соколов, П.П. Алексеев, А.Р. Шуляченко, П.А. Лачинов, Н.К. Ялцковский, Н.П. Лавров, И.А. Тютчев, Э.Ф. Радлов, Ф.Р. Вреден, В. Савич и многие другие.

ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ХИМИКОВ-ОРГАНИКОВ

К 40-м годам XIX в. в России сформировалось несколько химических центров, самыми крупными из которых были петербургский, московский и казанский.

Ставление научно-педагогической школы в Казанском университете связано с деятельностью Николая Николаевича Зинина (1812–1880), его ученика Александра Михайловича Бутлерова (1828–1886) и представителей бутлеровской химической школы Владимира Васильевича Марковникова (1837–1904), Александра Никифоровича Попова (1840–1881), Александра Михайловича Заплева (1841–1910), Флавиана Михайловича Флавицкого (1848–1917). В конце XIX столетия преемницей бутлеровской школы становится научно-педагогическая школа А.М. Зайцева, известная такими замечательными именами, как С.Н. Реформатский, А.Н. Реформатский, Е.Е. Вагнер, А.А. Альбицкий, А.Е. Арбузов, Г.М. Глинский и многие другие.

Кроме того, несомненно, на преобразование исследований в области органической химии, в Казанском университете работали также известные ученые-неорганики, как М.Д. Клятары (1825–1880) и К.К. Клаус (1796–1864), один из основоположников химии платины, предложивший способы разделения и получения в чистом виде платиновых металлов и открывший в 1844 г. новый химический элемент – рутений.

Пиомы казанской химической школы, став известными учеными, создали крупные научные центры в других российских городах: Н.Н. Зинин и А.М. Бутлеров в Санкт-Петербурге, В.В. Марковников в Москве, А.Н. Попов и Е.Е. Вагнер в Варшаве, С.Н. Реформатский в Киеве, А.А. Альбицкий в Харькове.

В историю химии имя основателя казанской химической школы Н.Н. Зинина вошло благодаря открытому им методу получения первичных ароматических аминов из нитросоединений. Этот универсальный метод, который известен как «реакция Зинина», позволил организовать производство широкого спектра соединений, в первую очередь а-нафтамина (анилина) и бензидина, являющихся исходными продуктами для промышленности синтетических (фуксин, мовени и др.) и субстантивных красителей. Открытие Зинина не только послужило основой новой отрасли промышленности – анилинокрасочной. Оно оказало значительное влияние на развитие органической химии в целом, дало импульс многим новым самостоятельным производственным: фармацевтическому, фотохимическому, пластмассе и др [6].

РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.: ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА И ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВ А.М. БУТЛЕРОВА

Вторая половина XIX в. представляет собой особый период в истории отечественной науки, в том числе и химии. Если в первой половине столетия достижения ученых прокладывали первые пути от аналитических исследований естественных богатств страны к фундаментальным изысканиям, то во вторую половину на первый план вышли работы фундаментального характера. Эпохой в истории мировой науки стали открытия в 1869 г. Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834–1907) Периодического закона химических элементов и разработка в 1861–1870 гг. А.М. Бутлеровым (1828–1886) теории химического строения веществ.

Со второй половины XIX в. в развитии химии четко наметилась дифференциация на три основные отрасли – неорганическую, органическую и физическую, а затем на множество других ветвей, более точно отражающих многообразие предметов этой науки. Первое место по объему изучаемого материала заняла органическая химия, и

неудивительно: уже тогда насчитывалось более миллиона индивидуальных органических соединений, тогда как неорганических было известно не более 60–70 тысяч.

Это обстоятельство вызвало необходимость упорядочения классификации органических соединений и создания теоретических основ, объясняющих их бесконечное разнообразие при крайнем ограниченном составе.

Первые объяснения этому феномену появились еще в начале XIX в. в работах Я. Берцелиуса (Швейцария), Ш. Жерара (Франция), Ю. Либиха и А. Кекуле (Германия). Они сводились к тому, что индивидуальность химического соединения определяется не только его состав, но еще и структура молекул, которая бывает различной при одном и том же составе, т. е. изомерия молекул. В этой связи были выдвинуты первые структурные теории, которые, однако, не объяснили главного: различия химических свойств изомеров.

Ответ на вопрос о различии химических свойств органических соединений дал А.М. Бутлеров в своей теории химического строения. Он показал, что реакционная способность молекул зависит от величин энергии химических связей между атомами, которые изменяются в результате взаимного влияния атомов и атомных групп в единой системе молекулы. Таким образом, в соответствии с его теорией сущность химического строения молекул заключается в энергетической эквивалентности разных химических связей, одинаково обозначаемых как C–H, или в общем случае A–B.

Теория химического строения стала первой действенной теорией реакционной способности вещества и впоследствии вошла в преобразованном виде в состав новых квантово-химических концепций.

Одней из ведущих казанской научной школы в развитии мировой и отечественной химии, один из ее лидеров академик А.Е. Арбузов отметил, что созданная А.М. Бутлеровым и развитая его учениками теория химического строения позволила расшифровать структуру органических соединений различных классов и наметить пути их синтеза. Тем самым был сделан принципиально новый шаг в развитии органической химии. Казанская школа обогатила химию новыми оригинальными синтетами органических соединений: спиртов различных классов, непредельных кислот, оксикислот, лактонов, фосфорорганических соединений [6].

Все эти исследования укрепляли и развивали теорию химического строения, а также совершенствовали методы органической химии и готовили основу для внедрения многих практически важных веществ в промышленность.

Достижения химической науки второй половины XIX в. во многом обусловлены работами петербургских ученых. Академия наук, Петербургский университет, Горный институт, Медико-хирургическая академия, Михайловская артиллерийская академия, Технологический институт, Земледельческий (Лесной) институт образовали крупнейший научный центр, оказавший огромное влияние на развитие не только отечественной, но и мировой науки. В каждом из этих учреждений сложилась своя школа химиков, характерная индивидуальностью и направленностью исследований и руководимая такими блестящими учеными, как Д.И. Менделеев, А.М. Бутлеров, А.А. Воскресенский, Н.Н. Зинин, А.Е. Фаворский и др.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕФТЕХИМИИ

В 1868–1885 гг. кафедру органической химии Петербургского университета занимал А.М. Бутлеров. Здесь, как и в Казанском университете, им была создана крупнейшая химическая школа: значительная такими именами, как А.Н. Вышнетградский, Г.Г. Густавсон, М.Д. Львов, В.В. Марковников, А.Е. Фаворский и др. В лаборатории Бутлерова проводили

свои первые исследования будущие видные ученые В.Е. Тищенко, Ф.М. Флавицкий, Е.Е. Вагнер, Д.П. Коновалов, И.А. Кабуков и др.

Говоря о вкладе А.М. Бутлерова и его учеников в развитие отечественной химической науки, нельзя обойти вниманием такую широко развивающуюся область, как нефтехимия, в становление которой бутлеровская школа наряду с Д.И. Менделеевым, а позднее — Н.Д. Зелинским, С.С. Намёткиным, Л.Г. Гурвичем, С.В. Лебелевым, Б.А. Казанским и другими, внесла огромный вклад.

На основе теории химического строения представителями школы Бутлерова был осуществлен синтез олефиновых и парафиновых углеводородов состава C₅–C₁₀ — основы химии углеводородов, которая стала впоследствии базой для развития нефтехимии, являющейся основным поставщиком карбораторных и дизельных топлив и смазочных материалов для авто- и авиаотостроения.

Исследования А.М. Бутлерова по полимеризации низкомолекулярных олефинов и по синтезу углеводородов изоостроения, выполненные им с целью экспериментального подтверждения своей теории, составили научную основу синтеза компонентов высококачественных авиационных топлив. Уплотнение олефиновых углеводородов по Бутлерову приобрело важное значение также для синтеза присадок, улучшающих вязкостные свойства смазочных масел.

Представителем бутлеровской школы Г.Г. Густавсону принадлежит заслуга открытия многообразных превращений углеводородов и их производных в присутствии галогенидов алюминия. Особое значение приобрела реакция алкилирования ароматических углеводородов в присутствии хлористого алюминия, что обуславливается ценностью её продуктов как высокооктанового компонента авиационных топлив и сырья для промышленности органического синтеза и искусственного каучука.

Не меньший вклад в науку о химии нефти внес ученик А.М. Бутлерова, В.В. Марковников, посвятивший более 20 лет своей научной деятельности исследованию состава кавказской нефти. Исследование нефтей в период интенсивной разработки кавказских месторождений в последней четверти XIX столетия было сосредоточено главным образом в Московском университете в лабораториях Н.Д. Зелинского и В.В. Марковникова.

Особое внимание В.В. Марковников уделял выделению нафтеновых углеводородов из нефти путем многократной дробной перегонки её и изучению свойств выделенных углеводородов. Химические методы идентификации нефтяных углеводородов, разработанные учёным, нашли применение во всех лабораториях мира. По этим же реакциям осуществляется синтез многих органических соединений.

Особое значение для развития нефтехимии имеют исследования русских учёных в области ациклических углеводородов, являющихся одной из главных составных частей нефти. Еще в 70-х годах XIX в. их открыл альянт-профессор Петербургского горного института Ф.Р. Врелен. Впоследствии более 60 ациклических углеводородов впервые синтезировал и изучил Н.Д. Зелинский. Многие углеводороды этого класса синтезировали Н.М. Кижнер, Н.Я. Демьянов, С.С. Намёткин, Б.А. Казанский и другие химики. Их работы создали стройное учение об ациклических углеводородах, имеющих важнейшее значение в переработке нефти.

М.И. Коновалов, ученик и близкий помощник В.В. Марковникова, обогатил нефтехимию одним из наиболее надежных методов определения структуры парафиновых углеводородов — реакцией нитрования парафинов слабой азотной кислотой. Знание структурных особенностей парафинов, входящих в состав бензиновых фракций нефти, необходимо для определения моторных свойств бензинов. Нитрование по Коновалову, развитое в последующие годы советскими химиками, в частности П.П. Шорыгиным и А.В. Толчичевым, приобрело большое промышленное значение.

М.И. Коноваловым были выполнены также ценные исследования по выяснению состава и строения нефтяных углеводородов, выделенных из кавказских нефтей.

В историю науки о химии нефти вошли также работы учеников В.В. Марковникова Н.Я. Демьянова и Н.М. Кижнера. Предметом их изучения являлись такие важные аспекты, как синтез алициклических углеводородов, их изомеризация, расширение и сужение циклов.

Большое значение организации переработки нефти на научных основах придавал Д.И. Менделеев. Он отмечал: «Истрепление нефти с помощью сжигания над паровиками и просто на полях, как это практиковалось и практикуется в Баку, не может не подлежать полному осуждению и против него надо действовать». Учёному принадлежат классические исследования по определению тепловых свойств нефти и нефтепродуктов, а также установление закономерностей их изменения. Труды Менделеева по выяснению химической природы отдельных углеводородов, входящих в состав нефти, по разработке методов ректификации, непрерывного однократного испарения, холодного фракционирования избирательными растворителями долгое время служили источником идей, определявших новые направления в нефтепереработке. В XX в. исследования в области термической переработки нефти получили широчайшее развитие благодаря трудам Н.Д. Зелинского, А.В. Летнего, А.Н. Никифорова, В.Г. Шухова, М.А. Кателлошников и других.

Обобщая работы, выполненные в последние три десятилетия XIX в., можно сказать, что в этот период были сформированы новые перспективные направления развития органической химии, которые приобрели большое практическое значение в следующем столетии; открытие новых реакций и закономерностей усилило синтетическую органическую химию и значительно расширило представление химиков о новых классах соединений. Иными словами, были заложены основы современной органической химии.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Мощным направлением исследований, которое сформировалось в петербургском научном центре в 1870–1880-е годы, являются физико-химические исследования, включавшие в себя три основных вектора: изучение состояния вещества (газообразное, жидкое, твердое) как основного фактора, определяющего специфику механизма реакции; изучение причин взаимодействия веществ; изучение зависимости свойств вещества от его состава и строения [7].

В разработке этого нового направления центральное место занимают работы Д.И. Менделеева и его учеников.

Крупнейшим вкладом Д.И. Менделеева в науку стал открытый им в феврале 1869 г. периодический закон химических элементов. Этот закон и разработанная на его основе периодическая система элементов послужили фундаментом для современного учения о строении вещества, в частности для атомной и ядерной физики XX в. На этом же фундаменте построена вся современная система химии как единая целостность теорий, отражающих закономерности химической организации вещества и позволяющих решать основополагающие задачи этой науки, в том числе получения материалов с заданными свойствами.

Д.И. Менделееву принадлежат также ряд других основополагающих работ в области общей химии, химической технологии, физики. Он осуществил фундаментальный цикл исследований (1865–1887) в области растекания жидкостей, создал гидратную теорию растворов, заложил основы химии соединений переменного состава, открыл «температуру абсолютного кипения жидкостей», предложил более уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона–Менделеева).

Д.И. Менделеев принадлежал к числу тех отечественных ученых, которые не только ясно осознавали глубокую взаимосвязь и взаимозависимость фундаментальных исследований, прикладных изысканий и развития химической промышленности, но и принимали деятельное участие в решении целого ряда технологических проблем. Так, выступая за быстрое развитие развития нефтяной промышленности и рациональную переработку нефти, он первым обосновал вопрос о географическом размещении нефтеперерабатывающей промышленности, выдвинул ряд предложений по коренному улучшению транспортировки нефти и нефтепродуктов, предложил принцип дробной перегонки при переработке нефти. Выступая за расширение и техническое улучшение добычи угля, учёный выдвинул идею подземной газификации углей. В начале 1890-х годов он совместно с И.М. Челюзовым принимал участие в разработке бездымного пороха.

В сфере интересов Д.И. Менделеева были вопросы химизации сельского хозяйства. В своих работах он доказывал необходимость развития туковой промышленности на основе отечественного сырья, необходимость переработки костей, добычи фосфоритов, производства сульфосафата, преципитата и сложных удобрений.

Продолжением классических исследований Д.И. Менделеева в области растворов и в то же время началом нового этапа в их развитии стали работы будущих академиков Дмитрия Петровича Коновалова (1856–1923), Владимира Александровича Кистяковского (1865–1952), а также Александра Александровича Яковкина (1860–1936).

Д.П. Коновалов в 1881–1884 гг. открыл законы, устанавливающие зависимость относительного состава компонентов в газовой и жидкой фазах растворов от давления пара и температуры кипения двойных жидких систем. Он создал основы теории перегонки жидких смесей, развил представление о критическом состоянии в системах жидкость–жидкость, указав области их гомогенности и расслоения. Его работы носили четко выраженный физико-химический характер; они находились на пороге перехода химии к химической термодинамике, кинетике и катализу. Коновалов сформулировал представление об автокатализе, вывел уравнение для скорости автокатализеских реакций (1887) и впервые ввел (1885) понятие активной поверхности гетерогенных катализаторов.

В.А. Кистяковский стал одним из первых «объединителей» (1888) химической теории растворов Менделеева и физической теории электролитической диссоциации Аррениуса. Он создал новое направление в науке – коллоидную электрохимию, развил впервые электрохимические представления о коррозии металлов, ставшие основой для разработки мер защиты металлов от коррозии.

Значительный вклад в создание основ электрохимии на первом этапе ее развития внес один из крупнейших представителей московской химической школы Иван Александрович Кабулков (1857–1942). Он открыл ряд закономерностей в области химии неводных растворов, установил аномальную электропроводность электролитов в органических растворителях, независимо от В.А. Кистяковского ввел представление о сольватации ионов, изучал фазовые превращения расплавленных солей, многое сделал для сближения физической и химической теорий растворов. Работы И.А. Кабулкова подготовили почву для большого цикла систематических термодинамических исследований будущих поколений химиков.

Работы самого И.А. Кабулкова и его учеников в области термодинамики в значительной степени опирались на традиции лугнинской научной школы.

Прогресс в этой области прежде всего зависел от разработки её экспериментального метода – калориметрии, позволяющего определять, в частности, теплоты горения различных веществ. Профессором Московского университета Владимиром Федоровичем Лугининым (1834–1911) были получены надёжные экспериментальные данные теплот

сторания для более 200 соединений, которые вошли в мировую справочную литературу. Их сравнительный анализ, осуществлённый учёным в 1880–1890-е годы, позволил осуществить важные структурно-термохимические закономерности для разных классов органических соединений (кетонов, альдегидов, спиртов, сложных эфиров). Существенные изменения Лутгинин внёс и в технику калориметрии. Им были усовершенствованы методы определения теплот испарения жидкостей и теплоёмкостей твёрдых и жидких тел. Предложенные им методы не утратили своего значения и в настоящее время. В 1892 г. в Московском университете Лутгининим была создана первая в России образцовая термохимическая лаборатория, ныне носящую его имя.

Особой практической направленностью отличались работы Александра Александровича Яковкина в области растворов. Он впервые подробно исследовал поведение хлора в водных растворах, разработал методы обезвоживания природных солей, предложил способ производства чистого оксида алюминия, на основе которого был построен первый в России глиноземный завод.

Принципиально новой важной отраслью химии, возникшей в конце XIX столетия, была химическая кинетика. Она появилась как своеобразная реакция на успехи органического синтеза, базировавшегося на бултеровской теории химического строения. При изучении многочисленных реакций синтеза, более всего реакций гидратации и дегидратации органических соединений, обнаружилось, что характер течения реакций и выходы готовых продуктов зависят не только от природы исходных реагентов, но и от растворителей, примесей, температуры и давления. Было замечено и такое явление, как зависимость хода реакций от особенностей тонкого строения молекул реагентов. Систематическим изучением всех этих явлений и обобщением результатов наблюдений занялся ближайший коллега Д.И. Менделеева по Петербургскому университету профессор Николай Александрович Меншуткин (1842–1907). Особый интерес представляют его работы в области этерификации спиртов и гидролиза эфиров, начатые в 1877 г. и продолжавшиеся более 30 лет. Посредством измерения скоростей реакций он открыл закономерности, устанавливающие влияние строения спиртов и органических кислот на скорость и предел этерификации, установил влияние на ход реакций природы растворителя и термодинамических условий. Работы Н.А. Меншуткина наряду с исследованиями Д.П. Коновалова в России и В. Оствальда в Германии послужили первыми блоками, заложенными в фундамент учения о химических процессах как новой, более высокой по сравнению со структурной химией, ступенью в развитии химических знаний.

Подводя итоги развития химии в XIX в., учёные и историки науки отмечают, что «Ни одна наука за сто лет не сделала таких колоссальных завоеваний, как химия... Общекультурное достижение XIX в. – это установление равноправия наук, их взаимосвязь и солидарность. Наука превратилась в организованную систему знания, опирающуюся на фактический материал». Развилась органическая, неорганическая и физическая химия. «Таким образом, получив от XVIII в. одну химию, мы передаём XX в. три, не считая прикладных отделов – аналитической и технической».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гмелин, Иоганн Георг. De augmento ponderis, quod capiunt quaedam corpora, dum igne calcinantur = [Об увеличении веса некоторых тел при обжигании] / Auctore Joh. Georg. Gmelin // Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. – Petropolis, 1738. – Т. 5 (1730-1731). – С. 263-273.
2. Ломоносов М. В., Полное собрание сочинений. В 10 томах [Текст] / М. В., Ломоносов // Москва-Ленинград, Изд-во АН СССР. – 1950-1959. – Том. 1.
3. Ломоносов, Михаил Васильевич. Dissertatio de actione menstruorum chymicorum in genere = [Диссертация о действии химических растворителей вообще] / Auctore M. Lomonosow // Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. – Petropolis, 1750. – Т. 1 (1747-1748). – С. 245-266.
4. Абрамзон, Татьяна Евгеньевна. «Письмо о пользе Стекла» М. В. Ломоносова [Текст]: опыт комментария просветительской энциклопедии: репр. воспр. изд. 1752 [1753] года. к 300-летию М. В. Ломоносова / Т. Е. Абрамзон. // М.: ОГИ, 2010. – 190 с.
5. Соловьев Ю. И. Герман Иванович Гесс [Текст] Ю. И. Соловьев // М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – 104 с.
6. Арбузов А. Е. Краткий очерк развития органической химии в России [Текст] / А. Е. Арбузов // М.: Изд-во АН СССР. – 1948. – 110 с.
7. Жамбулова М. Ш. Развитие неорганической химии (Историко-методологический аспект) [Текст] / М. Ш. Жамбулова // Алма-Ата. – 1981. – 187 с.