

# НОВЫЙ МИР ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ГОМОХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ)<sup>1, 2</sup>

П. П. фон Веймарн

## От редакции

Петр Петрович фон Веймарн (1879–1935) – профессор Петербургского университета, который в сравнительно молодом возрасте стал одним из основателей коллоидной химии и заслужил известность не только в России, но и за рубежом.

В 1916 году фон Веймарну была предложена должность ректора в Екатеринбурге – в готовившемся к открытию Уральском горном институте. Здесь Петру Петровичу пришлось решать множество организационных проблем, связанных с открытием института, поэтому для научных занятий времени почти не оставалось, но тем не менее именно здесь он написал статью «Новый мир химических соединений» – своеобразный обзор своих научных достижений, которую мы сегодня и предлагаем современным читателям.

Публикуемая ниже статья, законченная в 1916 году в Екатеринбурге, вышла в первом номере журнала «Известия Уральского горного университета», редактором которого был сам фон Веймарн, на двух языках: русском и английском, что было большой редкостью для русских научных журналов того времени. И подобная публикация была не случайной. Фон Веймарн, создавая свой научный журнал, задумал его как международное издание и даже написал специальное предисловие под названием «Об издании научных журналов в России». В нем, в частности, он сетовал на то, что научные исследования, публикуемые на «малоодступных» всемирному сообществу языках, к которым относил и русский, ведет, к сожалению, к тому, что «выдающиеся открытия не оказывают никакого влияния на развитие науки».

Для преодоления этого препятствия он предлагал введение общего для всех ученых языка, которым мог бы стать, например, английский язык. В качестве положительного примера фон Веймарн приводит практицизм японцев, язык которых тоже очень сложен, которые «разрешили этот вопрос чрезвычайно просто, печатая работы своих ученых на английском или немецком языках в прекрасно издаваемых журналах».

Эти размышления почти столетней давности кажутся нам сегодня не потерявшими своей актуальности: все больше русских журналов начинают печатать на иностранных языках, причем чаще всего – именно на английском.

Публикуя собственные статьи с переводом на иностранные языки в первом номере журнала, фон Веймарн устанавливал своеобразный образец для других авторов. И сегодня мы, следуя этой традиции, будем в нашем журнале больше внимания уделять переводам статей на иностранные языки и стремиться к тому, чтобы наш журнал стал именно таким международным изданием, каким он виделся его создателю – Петру Петровичу фон Веймарну.

В одной из моих работ<sup>3</sup>, написанных в 1907 г., я особенно подчеркнул, что первой и основной руководящей идеей моих исследований, – идеей, выведенной из всей совокупности наших знаний и моих собственных наблюдений, – является идея о векториальности атомных и молекулярных сил.

В этой работе, между прочим, было указано, что невозможно себе даже представить абсолютную аморфию сил, удерживающих в равновесии атомы в молекуле какого-либо химического со-

единения, например в молекулах окиси железа.

Последовательное проведение указанной идеи в области учения о состояниях, в частности в учении о коллоидах, позволило мне открыть ряд новых явлений и закономерностей.

Эта идея оказалась весьма плодотворной и в другой области, – области, трактующей о химических соединениях.

Ведь утверждение, что атомные и молекулярные силы векториальны равносильно положению, что химические силы имеют векториальный характер.

<sup>1</sup> Настоящая статья-реферат была мной написана по просьбе студентов Уральского горного института для издававшегося в Екатеринбурге студенческого журнала «Молодая Русь», где и была впервые напечатана в мае 1919 г.

<sup>2</sup> В настоящей статье кратко излагается приложение идеи векториальности в моих исследованиях, продолжавшихся десять лет с 1906 по 1916 гг. С 1917 года моя научная деятельность должна была приостановиться, потому что начиная с этого времени Уральский горный институт стал поглощать всю мою энергию.

<sup>3</sup> П. П. фон Веймарн. Koll-Zeitsch. II. 200 (1908).

Из этого же положения непосредственно вытекает, что переход из газообразно-жидкого состояния в твердо-кристаллическое есть процесс химический и что химически однородные кристаллы являются простейшими представителями, как увидим ниже, весьма обширного мира гомохимических соединений, т. е. соединений, в которых проявляется сходство между одинаковыми атомами<sup>4</sup>.

На жидкости и газы, в силу этого заключения, необходимо смотреть как на дисперсные системы этого векториального полимера-кристалла или его других векториальных модификаций<sup>5</sup>.

Если же химически однородные кристаллы по сути химические соединения, то непосредственным выводом из этого является заключение, что валентность у атомов всех элементов без исключения не может быть менее шести<sup>6, 7</sup>, ибо в противном случае в нашем трехмерном пространстве невозможны были бы явления роста кристаллов и, при мешем числе валентностей, мы имели бы либо однобокий рост, либо получали бы вместо заполняющих пространство тел, атомные поверхности и нити атомов (при двух валентностях).

Таким образом, атомы всех химических элементов имеют одинаковое «минимальное» число связей (шесть) и если число атомов водорода и кислорода, удерживаемых атомами различных групп периодической системы элементов неодинаков, то причина этого кроется прежде всего в величине поверхности атомов и в явлениях дублетирования.

Явное падение (после IV группы) числа атомов водорода приходящийся на один атом элементов V–VIII групп обуславливается прочностью дублетов атомов водорода, ибо например в неоднородном соединении шестой группы на один атом приходилось бы шесть атомов водорода, которые находились бы на слишком близких расстояниях и неминуемо привели бы к образованию дублетов водорода, вообще химически мало активных.

Исключительно малый вес атома водорода и связанная с этим большая подвижность его вместе с прочностью дублета водорода не дают

возможности у одного атома элемента сосредоточить много атомов водорода.

Обильное поглощение водорода металлами VIII группы (например платина, палладий и др.) явно показывают, что эти металлы являются ареной борьбы между силами стремящимися удержать дублет водорода закрытым и химическим притяжением атома водорода к атомам металла, которые стремятся раскрыть (атомизировать) дублет водорода.

Не соединение фтора ни с кислородом, ни с азотом, ни с фтором совершенно ясно понимается, если принять во внимание прочность дублетов всех этих элементов<sup>8</sup>.

Дублированные атомы таких веществ, как водород, азот, хлор и прочие, дают нагляднейшее представление о величине интенсивности гомохимических сил и молекулы водорода, кислорода и им подобных являются примерами прочнейших гомохимических соединений.

При очень высокой температуре, когда менее температуроустойчивые валентности не в состоянии удержать быстродвигающихся атомов (ведь и стальная штанга разрывается от чрезмерного развития центробежной силы), валентности, скрытые в наиболее прочных дублетах, начинают проявлять свое действие, увеличивая прочность при высших температурах соединений, образованных с поглощением тепла и в таком увеличении прочности никакого противоречия [как это, например, считал В. Освальд<sup>9</sup>, не приняв во внимание явление дублетирования атомов] с представлениями кинетической теории не существует.

Кристаллы алмаза, платины и др. тугоплавких металлов, дублеты водорода, кислорода и т. п. элементарных веществ являются примерами прочнейших гомохимических соединений.

Но, конечно, в классе гомохимических соединений имеются и соединения сравнительно малопрочные, причем между представителями двух крайностей прочных и малопрочных гомохимических соединений находятся представители средней прочности, сглаживая своим присутствием резкие различия крайних членов класса.

<sup>4</sup> П. П. фонь-Веймарнъ. Журналъ Рус. Хим. О-ва за 1916 г. Стр. 706.

<sup>5</sup> П. П. фонь-Веймарнъ. Gründzüge der Dispersoidchemie. Seite VII. 1911. Dresden.

<sup>6</sup> П. П. фонь-Веймарнъ. Журналъ Рус. Хим. О-ва за 1916 г. Стр. 1040.

<sup>7</sup> Это, конечно, надо понимать в том смысле, что при кристаллизации всех элементарных веществ одинаково должно проявляться действие минимум шести валентностей.

Что касается взаимного воздействия атомов различных элементов друг на друга, то по этому поводу я здесь повторю следующие слова моего доклада Русскому химическому обществу 28 апреля 1916 г. (Журналъ Русского химического общества за 1916 г. стр. 1040): «Атомы действуют на другие атомы всей своей поверхностью (поверхностным слоем), поэтому у атома с большей поверхностью может быть сосредоточено, при прочих равных условиях, большее число атомов; из этого следует, что отдельные действия поверхности атома на участки (связи) представляются условными и являются делом удобства».

<sup>8</sup> Я не могу здесь подробнее остановиться на моем учении о валентности и должен отослать интересующихся к моим уже опубликованным сообщениям по этому вопросу: см. Журн. Рус. Хим. О-ва за 1916 год. Стр. 1040 и 1304.

<sup>9</sup> «Основы физической химии», стр. 452.

Малопрочные (в обычных условиях наших опытов) гомохимические соединения имеют выдающееся значение для познания природы как коллоидных, так и истинных растворов и они столь многочисленны, что сотне энергичных молодых ученых не хватило бы жизни для производства только анализов этих соединений.

Эти гомохимические соединения представляют новый обширный мир химических соединений.

Необходимость их существования легко выводится теоретически.

Данные учения о коллоидах (дисперсоидологии) привели меня к необходимому выводу, что на химические соединения надлежит смотреть как на сопоставление мельчайших частиц веществ (атомов) не утративших, но лишь в той или иной степени изменивших свойства, присутствующие ими в свободном состоянии<sup>10</sup>.

Отсюда следует, что если, например, атомы бария соединяются в свободном состоянии в гомохимические соединения – кристаллы, то атомы того же бария, отяжеленные разнообразными другими атомами в своих химических соединениях, будут давать гомохимические соединения между собою, т. е. например серноокислый барий будет давать гомохимические соединения со всеми другими соединениями бария: гидроокисью бария, галлоидными, уксуснокислым, хлористокислым, роданистым и прочими солями бария.

Но так как в серноокислом барии кроме атома бария есть остаток серной кислоты, то серноокислый барий должен давать гомохимические соединения со всеми сульфатами каких угодно металлов.

То, что сказано про серноокислый барий можно повторить про любую другую соль или вещество сложное или элементарное.

Столь же нетрудно, как было легко сделать вывод о необходимости существования этих гомохимических соединений, было их и получить.

Если до сих пор эти соединения получались случайно и бессистемно, то лишь только потому, что не было ясных представлений об их природе и условиях существования.

Так как эти соединения существуют по большей части в пределах (при обычном давлении) невысоких температур, то получают их при реакциях в жидких средах.

Диссоциирующая же способность среды находится в прямой зависимости от ее диэлектрической постоянной; для воды это постоянная

81,7, для этилового спирта – 27,4, для бутилового – еще меньше.

Кроме того прочность гомохимических соединений, как и гетерохимических, находится в обратной зависимости от температуры.

Осуществляя (начиная с 1906 г.) коллоидный синтез разнообразных веществ (около 200) при различных температурах (от плюс 100 градусов по Цельсию до минус 100 градусов) в смесях воды с этиловым, пропиловым и бутиловым спиртами, я убедился в справедливости вышеприведенного положения: любое вещество при соответствующих условиях дает с любым веществом, имеющим с ним общие атомы или атомные группы, гомохимические соединения.

Существование этих гомохимических соединений дало мне возможность разработать общий метод получения коллоидных растворов (метод диспергации и дисперсоидного паразитизма), которые представляют во многих отношениях модели истинных и я могу высказать положение<sup>11</sup>: «как к одной прямой на плоскости через одну точку можно провести только одну параллельную и сколько угодно наклонных, причем некоторые из них едва отличаются от параллельного направления, точно также можно приготовить ряд коллоидных растворов самой разнообразной степени устойчивости, но никогда нельзя получить коллоидный раствор безграничной устойчивости, которая свойственна лишь истинным растворам».

При помощи дисперсного паразитизма (диспергации за счет гомохимических соединений) можно получить коллоидные растворы чрезвычайной устойчивости и очень высокой концентрации: «концентрация в 20 и даже 50 процентов не должна звучать парадоксом»<sup>12</sup>.

Коллоидный раствор серноокислого бария в 50 % спирте в 0,25 % концентрации, демонстрируемый мною на первом Менделеевском съезде в 1907 году, сохранился и поныне, коллоидные растворы в несколько процентов и даже десятков процентов того вещества в спиртовой среде держатся месяцы и недели и любое вещество может быть получено в столь устойчивом и высококонцентрируемом коллоидном состоянии.

Причем это не теоретический вывод, а просто заключение из добытого мною обширного экспериментального материала.

Получение и изучение упомянутых выше прочных коллоидных растворов позволило в свою очередь дать общую теорию распространения и растворов, в которых малопрочные гомо-

<sup>10</sup> П. П. фонь-Веймарнь. Журнал Рус. Хим. О-ва за 1911 г. Стр. 621.

<sup>11</sup> П. П. фонь-Веймарнь. Koll-Zeitsch. VIII (1911). Seite 25. XII. 307 (1913).

<sup>12</sup> П. П. фонь-Веймарнь. Koll-Zeitsch. (1913). Seite 308; П. П. фонь-Веймарнь. Основы дисперсоидологической теории истинных растворов, стр. 33. Петроград 1913.

химические (отчасти и гетерохимические) соединения играют весьма важную роль<sup>13</sup>.

Гомо- и гетерохимические притяжения имеют также весьма важное значение для познания природы пересыщенных растворов.

Каким же законам подчиняются эти малопрочные гомохимические соединения?

Таким же как и гетерохимические.

Гомохимические соединения прекрасно кристаллизуются, химический состав их часто очень простой: например, молекула на молекулу или одна молекула на две.

Многие из них плавятся без разложения; из растворителей, которые их недиссоциируют вполне, эти соединения получают вновь обратимо.

В качестве примеров можно указать на давно (1827 г., 1832 г.) полученные в иглах, мною же полученные в прекрасно образованных полногранных кристаллах, гомохимические соединения йодистого серебра с азотнокислым серебром (молекула на молекулу) и йодистого серебра с йодистым калием (тоже молекула на молекулу), первое плавится около 95 градусов по Цельсию, второе около 200 градусов уже желтеет (обратно) от ослабления связи и плавится вблизи 500 градусов.

Так как образования гомохимических соединений разбираемого типа происходит главным образом в силу притяжения атомов (например серебра) отяжеленных разнородными атомами (например йода и остатка азотной кислоты), между которыми притяжение меньше, чем между однородными (например, только йодистое серебро и только азотнокислое серебро), то эти соединения являются более легкоплавкими (например, гомохимическое соединение йодистого и азотнокислого серебра плавится при 95 градусах, йодистое серебро при 526 градусах, азотнокислое – при 209 градусах) и более рыхлыми (например, кристаллы гомохимического соединения йодистых серебра и калия поднимаются к поверхности раствора их выделившего, в котором тонут кристаллы йодистого калия и йодистого серебра), чем их компоненты.

Отнюдь нельзя заключить, что это специфические свойства гомохимических соединений.

Вода, хотя и плавится выше своих соединений, но разлагается несомненно легче, чем дублеты водорода и кислорода, кроме того есть очень много среди гетерохимических соединений таких, которые плавятся ниже своих компонентов или разлагаются при обыкновенном давлении до достижения температуры плавления.

Вообще весьма часто, если не всегда, гетерохимическое соединение, которое плавится выше

обоих своих компонентов обязано своим существованием сильнейшим валентностям, скрытым в дублированных или более сложных молекулах [Am].

↓

Гомохимические соединения разбираемого типа, играющие, как уже сказано выше, выдающуюся роль для коллоидного синтеза и истинного растворения, существуют в динамическом состоянии, в состоянии подвижного равновесия и в растворе, и подчиняются, конечно, в этих случаях общему закону действия масс; поэтому при большом избытке одного компонента эти соединения получают и в водных растворах и дают возможность получить прочные коллоидные растворы, например сернокислого бария и в водной среде (например, система из уксуснокислого бария и сернокислого алюминия в воде).

При повышении температуры и разбавлении эти гомохимические соединения выделяют менее растворимую часть в осадок и, при соответственных условиях, получают прочнейшие коллоидные растворы.

Далеко не все гомохимические соединения можно выделить в грубо-дисперсном виде – в крупных кристаллах, многие из них, как это требует основной закон дисперсологии<sup>14</sup> существуют, что чрезвычайно важно для познания процесса растворения<sup>15</sup>, только в высоко-дисперсном состоянии.

Некоторые из таких динамических гомохимических соединений при сильном понижении температуры могут быть переведены в статические и изолированы в крупных кристаллах.

Получивший столь широкое распространение и считающийся некоторыми учеными универсальным методом для нахождения химических соединений, метод плавкости в очень многих случаях не даст возможности установить не только гомохимических соединений, возникающих при высоких температурах.

Надо вообще отметить, что метод плавкости (равно как и другие, аналогичные ему, физическо-химические методы) дает возможность установить наличность лишь некоторых, в данных условиях температуры существующих, соединений.

Чрезвычайно прочные соединения, которые могут возникнуть при высших (например, вследствие ослабления дублетов) и при низших температурах ускользающих от этого метода.

Гомохимические соединения, позволившие мне, как сказано выше, приготовить коллоидные растворы, являющиеся, во многих отношениях,

<sup>13</sup> П. П. фон-Веймарн. Основы дисперсоидологической теории истинных растворов. Петроград 1913.

<sup>14</sup> П. П. фон-Веймарн. Записки Петроградского Горного Института за 1913 г. Стр. 138. Koll-Zeitsch. (1913) Seite 124.

<sup>15</sup> П. П. фон-Веймарн. Основы дисперсоидологической теории истинных растворов. Петроград 1913.

моделями истинных, позволяют также имитировать химические реакции соединения, разложения и двойного обмена.

Например, частицы коллоидного осадка сернокислого бария в спиртовой среде, поверхности которых покрыты, то в силу гомохимического притяжения, молекулами сернокислого марганца, разъединяются и переходят в коллоидно-растворенное состояние от прибавления какой либо соли бария, обратно частицы такого коллоидного раствора соединяются и дают осадок от прибавления сернокислой соли.

Имитация реакций соединения, разложения и двойного обмена еще интереснее, если смешать два коллоидных раствора одного и того же вещества, но с различными химическими соединениями на поверхности частиц, например в спиртовой среде, при температуре – 10 градусов, коллоидный раствор йодистого серебра с избытком йодистого калия и коллоидный раствор того же йодистого серебра с избытком азотно-кислого серебра.

В зависимости от величины избытков йодистого калия и азотно-кислого серебра и от объемов смешиваемых коллоидных растворов можно заставить частицы соединяться, осаждаться и вновь разъединяться и диспергироваться.

Гомохимические соединения позволяют сделать очень важные заключения о природе химических соединений вообще и заполнить пробелы между так называемыми «истинными» и «адсорбционными» соединениями.

Рассмотрение этого вопроса, чрезвычайно важного для химии вообще, однако выходит за рамки настоящей статьи<sup>16</sup>.

Замечу здесь только, что различные явления так называемого «физического» притяжения между веществами суть проявления тех же атомных сил, которые при соответствующих условиях дают прочнейшие химические соединения и слабость этого притяжения, по сравнению с притяжением атомов в свободном состоянии, вызывается тем, что притягивающиеся атомы отяжелены другими атомами.

Это заключение касается как гомохимического, так и гетерохимического притяжения ато-

мов, соприкасающихся веществ.

Бесконечные споры между приверженцами «химических» и «физических» теорий должны считаться, с точки зрения развитых в настоящей статье, совершенно лишены научного смысла, ибо речь идет о проявлениях, по существу одних и тех же сил.

Только различная интенсивность этого проявления и связанные с этим различием, весьма существенно отличающиеся (для крайних случаев непрерывной цепи явлений) изменения строения соприкасающихся веществ могут служить принципами рациональной систематики по существу неразделимых «физических» и «химических» явлений.

Поэтому правильными могут быть только те теории, которые не умаляют ни «физического», ни «химического» проявления атомных сил; эти теории должны называться физико-химическими<sup>17</sup>.

Гомохимические и гетерохимические притяжения атомов в соприкасающихся веществах играют весьма важную роль, касаясь как явлений катализа, так и в явлениях электризации при соприкосновении и трении.

Молодая наука – «дисперсоидология» – позволяет осветить с новых точек зрения такое множество разнообразных областей естествознания, что поистине испытываешь величайшую трагедию несоответствия сил и времени у единичного исследователя с многочисленностью проблем, которые дисперсоидология дает возможность разрешить с исчерпывающей полнотой.

И приходится сожалеть, что у исследователя только две руки для экспериментирования, что сутки имеют только 24 часа и жизнь коротка.

Но там, где не хватает сил у единичного исследователя, там хватит совокупности сил коллектива исследователей.

Этот коллектив молодых энергичных исследователей науки должен дать и Уральский горный институт, и я убежден, что он их даст.

*Петроград–Екатеринбургъ  
1906–1916*

<sup>16</sup> См. мои прежние работы по этому вопросу: напр. Grindzüge der Dispersoidchemie. Стр. 19-20, 1911. и Журн. Рус. Хим. О-ва за 1914 г. Стр. 1845-1848.

<sup>17</sup> П. П. фонь-Веймарнь. Koll-Zeitsch. (1900) Seite 156.