



# РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ

Авторы: С. А. Кабакчи

РАДИАЦИОННАЯ ХИМИЯ, наука, изучающая химич. и физико-химич. превращения веществ под действием *ионизирующих излучений* – фотонных (рентгеновские и  $\gamma$ -лучи) и корпускулярных (ускоренные электроны, тяжёлые заряженные частицы, многозарядные ионы, быстрые нейтроны и продукты ядерных реакций). Р. х., будучи самостоят. разделом химии, по существу является частью физич. химии, тесно связанной с *радиохимией* и *химической технологией* (особенно прикладная Р. х.), *фотохимией*, *кинетикой химической*, *аналитической химией*, химией свободных радикалов и возбуждённых состояний. Иногда Р. х. рассматривают как часть *химии высоких энергий*, объединяющей такие разделы химии, как кинетика и механизм химич. реакций, характеризующихся высокой концентрацией частиц с избыточной энергией, превышающей энергию теплового движения, а часто и энергию химич. связей.

Осн. разделы: общая Р. х. – изучение механизма и закономерностей первичных радиационно-химич. процессов, природы и свойств короткоживущих продуктов, образующихся в результате этих процессов; Р. х. объектов воздействия излучений – газов, воды и водных растворов, включая биологически важные системы, неорганич. и органич. соединений и полимеров; Р. х. гетерогенных систем – изучение влияния излучений высоких энергий на каталитич. процессы, сорбцию, коллоидные системы и т. д.; химич. дозиметрия – определение поглощённой дозы излучения, определение дозы по величине химич. превращения в системе в результате облучения; прикладная Р. х., включающая исследование и разработку практически важных технологий с использованием излучений.

## История

Открытие В. К. *Рентгеном* в 1895 X-лучей (названных рентгеновскими; см. *Рентгеновское излучение*) и в 1896 А. А. Беккерелем *радиоактивности* было связано с наблюдением химич. эффекта – почернения фотоаграфич. пластинки в темноте, возникающего под действием проникающего излучения. Первые работы по Р. х. выполнены в 1899–1903 М. *Склодовской-Кюри*, А. А. Беккерелем и др., обнаружившими окрашивание стекла и щёлочно-галоидных кристаллов, образование озона из кислорода под действием излучения радия, выделение водорода и кислорода из водных растворов солей радия и др. В России среди первых исследователей был Н. А. Орлов, наблюдавший в 1904–1906 превращение твёрдых органич. веществ в жидкие в результате воздействия облучения, а также Н. Д. Зелинский, исследовавший превращение циклогексана под действием излучения соли радия.

В период 1910–30-х гг. Р. х. характеризуется накоплением и систематизацией эксперим. данных о результатах воздействия излучений на вещества и материалы и формулировкой осн. представлений о природе этого воздействия. Первая гипотеза о природе химич. эффектов в результате воздействия излучений была выдвинута в 1910 М. Склодовской-Кюри, предположившей, что в любом веществе, подвергнутом воздействию излучения, любому химич. превращению предшествует акт ионизации. В 1914 франц. химиком А. Дебьерном была впервые

сформулирована гипотеза о возникновении ионизированных молекул воды при прохождении через неё ионизирующего излучения и образовании радикалов  $H^{\bullet}$  и  $OH^{\bullet}$  в результате последующих реакций ионов.

Как самостоят. область науки Р. х. начала складываться в 1940-х гг. в связи с созданием ядерных реакторов и пром. произ-ва т. н. делящихся материалов, в первую очередь высокообогащённого по изотопу  $^{239}\text{Pu}$  (оружейного) плутония в рамках «Манхэттенского проекта» в США и «Уранового проекта» в СССР. Термин «Р. х.» введён амер. химиком М. Бартоном в 1945. Строительство и эксплуатация ядерных реакторов и технология переработки облучённого ядерного топлива потребовали изучения действия ионизирующих излучений на процессы и материалы в замедлителях и теплоносителях ядерных реакторов и высокорadioактивных технологич. смесях, а именно радиолита воды, превращений в растворах радиоактивных веществ, радиационного повреждения материалов, применяемых в атомной технике, радиолита компонентов воздуха ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ) и т. д. В связи с действием ионизирующих излучений на организмы возникла необходимость в детальном исследовании радиационно-химич. превращений в биополимерах. В этот период был накоплен большой массив эксперим. данных о радиационной стойкости веществ и материалов, установлены количественные закономерности мн. радиационно-химических реакций – был предложен механизм радиолита воды и водных растворов, индивидуальных органич. соединений и полимеров, разработаны науч. основы использования радиозащитных средств. Разработанный в 1960-х гг. метод импульсного радиолита позволил идентифицировать промежуточные короткоживущие продукты радиационно-химич. превращений во многих системах и изучить их свойства, в т. ч. установить образование сольватированных электронов при радиолите полярных жидкостей. Результаты работ по изучению радиационно-инициированной полимеризации, модификации полимерных материалов, вулканизации резин, инициированию химич. синтеза и т. д. заложили основы радиационно-химической технологии (см. Радиолит).

## Современное состояние и тенденции развития

В настоящее время совр. теоретическую Р. х. характеризует детальное исследование механизма образования короткоживущих продуктов радиолита разл. веществ в зависимости от природы излучения, мощности дозы и поглощённой дозы излучения, темп-ры и др. параметров. Установлены количественные закономерности радиолитич. превращений в газах, воде и водных растворах, неорганич. и органич. веществах и полимерах. Теоретич. представления вместе с обширной базой эксперим. данных, а также наличие адекватных математич. моделей процессов и программных средств для их описания позволяют не только объяснять, но и предвидеть пути протекания радиационно-химич. процессов в разл. системах. Это даёт возможность удовлетворять потребности атомной энергетики и радиохимич. пром-сти, радиац. материаловедения в условиях космич. пространства, а также медицинской радиологии, ядерной медицины и радиоэкологии.

Осн. направлением дальнейшего развития Р. х. является изучение радиолита веществ, материалов и изделий из них в экстремальных условиях – при высоких темп-рах, давлениях, сверхвысоких и сверхмалых мощностях дозы. Особый интерес представляют исследования воздействия излучений на наносистемы, объекты ядерной медицины и радиофармпрепараты.

## Основные методы исследования

Активно используются общие методы химического анализа, импульсный радиолит с использованием совр.

времяразрешённых (до пикосекундного) методов детектирования концентраций веществ и физико-химич. свойств исследуемых объектов. Развивается компьютерное моделирование радиационно-химич. процессов, особенно в ядерной энергетике и радиоэкологии.

Практическое значение. Осн. прикладные задачи Р. х.: радиационно-химич. методы генерирования сольватированных электронов, свободных радикалов и ион-радикалов, ионов металлов в необычных степенях окисления широко используются для исследования свойств и реакционной способности этих продуктов; радиационно-химич. синтез неорганич. и органич. соединений с уникальными свойствами, модифицирование природных и синтетич. полимеров, получение полимерных композиц. материалов, в т. ч. наноструктурированных, и покрытий; получение нанопорошков с заданными размерами; радиационно-химич. водоподготовка и водоочистка, стерилизация лекарств и мед. препаратов, консервирование пищевых продуктов и кормов для животных; радиац. материаловедение – определение радиац. стойкости веществ, материалов и изделий из них.

## **Литература**

Лит.: Брегер А. Х. Радиационно-химическая технология: Ее задачи и методы. М., 1979; Пикаев А. К. Современная радиационная химия: Основные положения. Экспериментальная техника и методы. М., 1985; он же. Современная радиационная химия: Радиолит газы и жидкостей. М., 1986; он же. Современная радиационная химия: Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. М., 1987; Кабакчи С. А., Булгакова Г. П. Радиационная химия в ядерном топливном цикле. М., 1997.