

ЛАУРЕАТ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ
ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР С. З. РОГИНСКИЙ

Д. П. Добычин и С. Ю. Елович

Симон Залманович Рогинский родился в 1900 г. в Белоруссии. В 1918 г. он поступил в Днепропетровский университет. Студентом II-го курса, в 1920 г., он начал научную работу в лаборатории прикладной химии под руководством Д. П. Коновалова над изучением химического состава масла кудреватой мяты.

Окончив в 1923 г. Днепропетровский университет и защитив дипломную работу у Д. П. Коновалова, С. З. Рогинский был утвержден ассистентом кафедры общей химии Днепропетровского горного института и до 1928 г. вел педагогическую работу. Лекционное ассистентство у Л. В. Писаржевского принесло ему богатый опыт в области химического эксперимента.

Одновременно С. З. Рогинский поступил в аспирантуру при Украинском институте физической химии к Л. В. Писаржевскому. Здесь он начал работать над изучением химических реакций в твердой фазе. Эти работы, проведенные им вместе с Е. И. Шульц, Л. М. Сапожниковым и др., обнаружили существование каталитического ускорения топохимических реакций твердыми телами и послужили началом для ряда исследований других авторов в этой области. Хотя в литературе к тому времени и имелись отдельные указания на возможность такого рода процессов, эти работы С. З. Рогинского явились первым примером систематического изучения катализа „твердого твердым“ как самостоятельного явления¹⁻⁵.

В этот же период С. З. Рогинский проводит интересную работу по опровержению „катализа на расстоянии“⁶.

В 1926 г. С. З. Рогинский приезжает в научную командировку в Ленинград и проводит с А. И. Шальниковым в лаборатории электронной химии Физико-технического института работу по получению коллоидных растворов металлов методом совместной конденсации в вакууме на охлажденную поверхность паров металла и растворителя⁷. В результате этого исследования коллоидная химия обогатилась новым методом приготовления органоэолой металлов. Сведберг в опубликованном вскоре курсе коллоидной химии описал метод Рогинского как одно из последних достижений в этой области.

В 1928 г. С. З. Рогинский, по приглашению А. Ф. Иоффе и Н. Н. Семенова, переехал в Ленинград и начал работать в лаборатории электронной химии Физико-технического института. В 1931 г. эта лаборатория преобразовалась в Институт химической физики, в котором С. З. Рогинский стал руководителем лаборатории катализа.

В 1928—1932 гг. С. З. Рогинский с рядом сотрудников проводит серию работ по изучению механизма и кинетики термического разложения взрывчатых веществ⁸⁻¹⁵.

В результате этих исследований были открыты явления холодного низкотемпературного взрыва, вырожденного взрыва, экспоненциальной зависимости индукционного периода от температуры, существование двух типов разложения взрывчатых веществ и т. д. Развитие в этих работах кинетические представления об автокаталитическом

характере взрывных процессов вместе с самим экспериментальным материалом по существу, открыли новое направление—кинетику реакции конденсированных взрывчатых веществ—и послужили отправным пунктом для ряда исследований в этой области многих советских и зарубежных ученых.

В это же время С. З. Рогинским вместе с Я. Б. Зельдовичем и Л. Я. Сеной была проведена интересная работа по механизму кристаллизации нитроглицерина¹⁶, осветившая некоторые свойства зародышевых микрокристаллитов и их роль в процессах кристаллизации.

Одновременно с этими работами (и, в значительной мере, в связи с ними) С. З. Рогинский работает над вопросами кинетики мономолекулярных реакций. Его работы этой серии явились первым в Союзе и одним из первых в мировой литературе примером применения квантовой механики к кинетике химических процессов^{17–20}. Хотя эти работы при дальнейшем развитии кинетики и утратили в значительной мере свое значение, но в свое время они встретили широкий отклик и оказали определенное влияние на развитие этих представлений. В 1930 г. цитируемые работы С. З. Рогинского были удостоены премии Комитета химизации.

С 1932 г. С. З. Рогинский обращается к систематическому изучению явлений гетерогенного катализа, всегда интересовавших его, что видно не только по отдельным его публикациям, но и из самого круга его предшествовавших исследований в области топочимических реакций. Переходным этапом послужили некоторые, в большинстве своем неопубликованные, исследования кинетики каталитических процессов. К работам этого периода относится, например, работа с А. М. Магидом по кинетике орто-пара-превращения водорода²¹.

Проникновение в область гетерогенного катализа велось посредством изучения элементарных стадий катализа на примере простейших каталитических реакций.

Снова был подвергнут изучению вопрос о возможности перехода гетерогенной каталитической реакции с поверхности в объем. Работа С. З. Рогинского с Я. Б. Зельдовичем опровергла опубликованные тогда новые данные по этому вопросу^{22, 23}.

Значительное внимание С. З. Рогинский в этот период уделил стоявшей в те годы в центре внимания теории активированной адсорбции и вообще роли адсорбции в гетерогенном катализе^{24–27}. Тогда же вместе с Я. Б. Зельдовичем была начата, продолженная в дальнейшем с С. Ю. Еловичем и другими, капитальная серия работ по механизму и кинетике каталитического окисления окиси углерода^{28–31}.

В этих работах, на основе фундаментального изучения адсорбционных и кинетических характеристик, была построена схема стадийного механизма каталитического окисления окиси углерода на двуокиси марганца.

Впервые был детально разобран механизм каталитического процесса, из укладывающийся в рамки классической лангмюировской кинетики.

Изучение механизма реакций каталитического окисления продолжалось и в дальнейшем на примерах других систем, как-то: низкотемпературного окисления окиси азота (совм. с Л. С. Гибынским^{33, 34}), реакции гремучей смеси на платине (совм. с В. С. Розингом³⁵) и др. В этих работах был открыт ряд своеобразных явлений, как например, затухание гетерогенной каталитической реакции при понижении давления, особая роль активированной адсорбции в элементарном механизме, своеобразные уравнения активированной адсорбции и

реакции, разобраны закономерности автоактивации катализатора идущей на нем реакцией и т. д.

Одновременно были начаты работы с А. Б. Шехтер по изучению элементарных частиц — атомов и радикалов.

Эти исследования³⁶⁻⁴⁰, проводившиеся, главным образом, с помощью методики электро-разряда, дали обширный материал по вопросу о методах получения, свойствах и поведению свободных атомов и радикалов, представляющий значительный интерес для понимания и изучения элементарных стадий гетерогенного катализа. Впоследствии эти работы привели к технически-перспективным результатам по линии электро-крекинга тяжелых масел⁴¹.

Непосредственно к этим работам примыкают исследования С. З. Рогинского и И. В. Мочан по кинетике и механизму каталитической диссоциации и синтезу аммиака ионным ударом^{38,49}, начатые работой по распаду аммиака на торированном вольфраме.

Помимо перечисленных выше чисто теоретических работ, С. З. Рогинский ставит перед собой весьма трудную задачу формулировки общих условий образования каталитически активных твердых тел.

Как известно, приготовление контактов проводится сугубо эмпирически. Огромный материал, накопленный тысячами химиков, не поддается непосредственной систематизации и включает в себе множество видимых противоречий. Действиями практиков руководили некоторые общие правила приготовления катализаторов, как-то: получение катализаторов в возможно более дисперсном виде, восстановление и разложение при возможно более низких температурах и т. д. Однако общей точки зрения, объединяющей эмпирически найденные закономерности, не существовало.

В 1936 г. С. З. Рогинский опубликовал впервые изложенную им в 1933 г. на Ленинградском каталитическом семинаре в Институте химической физики общую теорию⁴², связывающую кинетические и термодинамические условия образования каталитически активной твердой фазы. Основными положениями этой теории пересыщения являются следующие.

1. Каталитически активные твердые тела находятся в неравновесном состоянии и обладают избытком свободной энергии по сравнению с состоянием термодинамически равновесным при данных условиях. Такое состояние, характеризующееся избытком свободной энергии, С. З. Рогинский называет пересыщенным. Мерой пересыщения служит упомянутый избыток свободной энергии, который может быть найден посредством измерения различных физико-химических величин, как-то: избыточной теплоты растворения, избыточной упругости пара, сдвига равновесия химической реакции и т. д. В отдельных своих частях это положение высказывалось рядом исследователей и ранее.

2. Вероятность получения пересыщенных форм при приготовлении катализатора растет с удалением системы от равновесия. Это второе положение, целиком принадлежащее С. З., дает возможность научного управления физико-химическими параметрами при приготовлении активных катализаторов. Такими параметрами являются концентрации компонентов генетической реакции получения катализатора и температура. Повышая скорость струи газа при толохимической реакции в газовом потоке, в ряде случаев можно снижать концентрацию газообразных продуктов реакции и, тем самым, отдаляя систему от равновесия, увеличивать вероятность образования активных (пересыщенных) форм.

В заключение работы диссертации А. А. Алчуджана (Гос. институт высоких давлений, 1936 г.) посвященной кинетике гидрирования на металли-

ческих катализаторах, было показано, что активность металлического никеля, приготовляемого восстановлением закиси никеля, растет при увеличении скорости струи водорода во время восстановления.

Работы А. А. Введенского, С. С. Лачинова и В. Г. Телегина⁴⁴ установили, что активность аммиачных катализаторов также может быть повышена увеличением скорости пропускания восстанавливающей азотоводородной смеси.

В течение 1937—1939 гг. С. З. Рогинским, Д. П. Добычиным, Т. Ф. Целлинской и др. были проведены исследования по установлению оптимальных условий приготовления формиатных никелевых гидрогенизационных катализаторов.

В этих работах, с помощью кинетического анализа условий получения контактов на базе теории пересыщения, удалось рациональным изменением обычно принятого режима приготовления катализаторов повысить их активность в производственных условиях^{45,46}. В сентябре 1940 г. О. Вюрстером⁴⁷ был опубликован эмпирически выработанный американцами режим приготовления никелевых формиатных катализаторов, совпадающий с предложенным в 1939 г. С. З. Рогинским с сотрудниками Ленинградскому заводу Салолин.

Работа Г. Н. Маслянского и Ф. С. Шендеровича⁴⁸ на примере двуокиси молибдена также подтвердила справедливость выводов теории пересыщения. Нельзя в рамках настоящей статьи исчерпать список работ, прямо или косвенно подтверждающих правильность выводов теории пересыщения. Мы укажем только на то, что ее применение в каждом отдельном случае требует проведения детального кинетического анализа процесса с учетом особенностей его топочинической кинетики.

Работы С. З. Рогинского и К. С. Аблезовой (1934), посвященные изучению механизма гидрирования этилена на металлических катализаторах, открыли новое принципиальной важности явление газового промотирования. Эти исследования^{49—51} показали, что каталитическая активность не является свойством чистого металла (никель) и является лишь при внедрении в его решетку посторонних примесей (водород). Группа более поздних работ С. З. Рогинского с И. В. Мочан, Т. Ф. Целлинской, К. С. Аблезовой, А. И. Равделен и др.^{52—56} показала, что явление газового промотирования наблюдается в целом ряде систем, как-то: вольфрам — водород, никель — кислород и азот, платина — кислород и др.

Каталитическая активность оказывается функцией газосодержания. Кривая зависимости активности от газосодержания имеет резко выраженный максимум при некотором характерном для данной системы содержании газа.

Из этих, открытых С. З. Рогинским совместно с сотрудниками, зависимостей следует, что чистый металл, даже если он получен в чрезвычайно дисперсном виде, каталитически не активен. Обычные простые контакты — это контакты скрыто промотированные. Промотирование с этой точки зрения делается совершенно общим и необходимым фактором в формировании активного катализатора. Катализаторы, полученные газовым промотированием, весьма активны и превышают по удельной активности обычные контакты. В эту концепцию прекрасно укладываются опубликованные Гриффитсом⁵⁷ данные по промотированию окислов молибдена, показывающие, что и в катализаторах, получаемых обычными методами, наблюдается подобная же зависимость каталитической активности от содержания промотора.

Найденная своеобразная зависимость активности от содержания промотора приводит к необходимости предположения минимума энергии активации для оптимального содержания промотора. Схема

действия промоторов на энергию активации и скорость реакции была изложена С. З. Рогинским в докладе на каталитической конференции (1940 г.)⁵⁸. По данной им схеме, вместе с содержанием промотора должна резко изменяться скорость активированной адсорбции компонентов реакции. Этот вывод был экспериментально подтвержден на реакции гидрирования этилена на никеле и вольфраме. При этом величина поверхности промотированного катализатора не изменяется сколько-нибудь значительно.

Малая устойчивость металлических пленок, промотированных газами, указывает на то, что обычно употребляемые контакты содержат промоторы, прочно удерживаемые основной твердой фазой.

Все вышеизложенные выводы делают необходимым пересмотр имеющихся сейчас в арсенале химии правил по подбору катализаторов, сформулированных без учета скрытого промотирования.

Наличие пересыщения является предпосылкой появления любых типов активных форм и, в том числе, захвата промотирующих примесей растущим твердым телом. Повышение пересыщения до известного предела увеличивает вероятность образования активных форм и, тем самым, повышает каталитическую активность. Очень большое значение как для теории, так и для практики имеют факторы, стабилизирующие достигнутые пересыщения и определяющие устойчивость катализатора в работе. Одним из таких факторов, несомненно, являются примеси посторонних веществ.

Обнаружение малых примесей посторонних веществ представляет собой сложную и трудную экспериментальную задачу. Особо перспективно в этом отношении применение искусственных радиоактивных индикаторов.

Уже в 1935 г. С. З. Рогинский, впервые в СССР, применил искусственные радиоактивные индикаторы для изучения кинетики и механизма физико-химических процессов⁵⁹. В работах совместно с Н. Е. Брежневой и другими⁶⁰⁻⁶⁹ был разработан ряд методических приемов и получено много интересных результатов. В частности, при изучении каталитического галоидирования на бромистом алюминии были получены данные, опровергающие схему промежуточных соединений, обычно используемую для объяснения механизма таких процессов.

В настоящее время с помощью этой тонкой методики оказалось возможным подойти к непосредственному изучению влияния ничтожно малых примесей посторонних веществ на каталитическую активность, что представляет собой особый интерес в связи с дальнейшей разработкой теории катализа.

В непосредственной связи с теоретическими и экспериментальными работами по теории пересыщения и роли малых примесей находится ряд работ по влиянию пересыщения на кинетику образования твердой фазы. В ряде работ было показано, что кинетика топохимической реакции и свойства образующейся твердой фазы в сильной степени зависят от пересыщения. Было показано, что кинетические закономерности топохимических реакций не могут рассматриваться без учета пересыщения, меняющего лимитирующую стадию суммарного процесса и самый вид кинетических кривых. В этих работах нашли объяснение необычные значения энергии активации топохимических процессов, найденные рядом авторов (например⁷³) и некоторые другие дотоле непонятные аномалии.

Освещение вопросов стадийного механизма топохимической кинетики позволило перейти к построению статистической теории распределения кристаллов по размерам в зависимости от пересыщения генетической реакции.

В работах С. З. Рогинского с О. М. Тодесом^{74,75} даны математические основы анализа законов распределения парцелированных (раздробленных) кристаллических систем.

В результате всего комплекса проведенных работ С. З. Рогинским заложено основание нового отдела катализа — теории катализатора. Задачей этого раздела является формулировка основных законов образования активной поверхности и построение научных основ приготовления высокоактивных катализаторов. Мы не можем здесь с достаточной полнотой охватить всю разнообразную и плодотворную деятельность члена-корреспондента Академии Наук, лауреата Сталинской премии С. З. Рогинского. Помимо разработки основных вопросов теории катализа в Институте химической физики, а с 1942 г. в Коллоидно-электрохимическом институте Академии Наук СССР, С. З. Рогинский возглавлял кафедру химической физики Ленинградского Политехнического института им. М. И. Калинина. Его перу принадлежит ряд обзорных работ и курсов читанных им лекций, в которых читатели могут найти современное и оригинальное освещение разнообразных вопросов химической физики⁷⁶⁻⁸².

С. З. Рогинскому сейчас 42 года. Он находится в расцвете своих творческих сил. Советская химия вправе ожидать от него новых и новых успехов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совм. с Е. И. Шульц, Каталитическое разложение бертолетовой соли пылевыми (дымовыми) частицами перекиси марганца, Научн. записки Екатер. Научно-иссл. кафедры химии, стр. 190—206, 1926.
2. С нею же, К вопросу о катализе твердого твердым, I, Укр. хим. журн. 3, 177—207, 1928.
3. С нею же, Каталитические процессы в твердой фазе, Z. physik. Chem., 128, 21—41, 1928.
4. Совм. с Л. Саножниковым и Н. Кучеренко, К вопросу о катализе твердого твердым, II, Укр. хим. журн., 4, 99, 1929.
5. Каталитические реакции в твердой фазе, Сообщ. о научно-техн. раб. в Респ. Вып. 26, Катализ, Труды III Физико-хим. конференции, стр. 88—91, 1930.
6. К теории гетерогенного катализа, Труды Днепровского горного института, стр. 661—667, 1925.
7. Совм. с А. И. Шальниковым, Новый метод получения коллоидных растворов, Koll. Zeitschr. 43, 67, 1927, Ж.Р.Ф. Х. О., ч. физ., 309 стр., 1928.
8. Совм. с Л. Саножниковым, Взрывные реакции в конденсированных системах, I, Ж. физ. хим. 2, 80—101, 1931.
9. Совм. с А. Магидом, Взрывные реакции в конденсированных системах, II, *ibid.*, 2, 261—274, 1931.
10. О роли автокатализа в взрывных процессах, *ibid.*, 2, 622—26, 1931.
11. О низкотемпературном разложении взрывчатых веществ, Physik. Zs. d. Sowjetun., 1, 640—699, 1933.
12. Совместно с К. Андреевым, О термическом разложении 2, 4, 6-тринитро-1, 3, 5-триазида бензола, Journ. de chimie physique, 30, 487—492, 1933.
13. Совм. с Г. Горюхиным, О возможном механизме взрывчатых веществ, Ж. физ. хим. 2, 275—282, 1931.
14. О мономолекулярном распаде взрывчатых веществ, *ibid.*, 3, 419—474, 1932.
15. Совм. с А. Лукиным, О взрывном разложении тетрила, Acta Physico-chimica, 2, 385—396, 1935.
16. Совм. с Л. Сеной и Я. Зельдовичем, О механизме явления „памяти“ при повторной кристаллизации, Phys. Zs. d. Sowjetun., 1, 630—639, 1932.
17. Совм. с Розенкевичем, К построению квантовой теории химической кинетики, I, Мономолекулярные реакции, Zs. phys. Chem., (B) 10, 47—86, 1930.
18. То же, II, *ibid.*, 15, 103—115, 1931.
19. О механизме активации при химических реакциях, Ж. физ. хим., 2, 710—719, 1931.
20. Мономолекулярные реакции в современной химической кинетике, Успехи физ. наук, 2, 805—846, 1931.
21. Совместно с А. М. Магидом, О конверсии параводорода на стеклах, Ж. физ. хим., 5, 1278—1282, 1931.
22. Совм. с Я. Зельдовичем, Обобщенные цепи в гетерогенных каталитических реакциях, Журн. физ. хим., 4, 132, 1933; Phys. Zs. d. Sowjetun., 2, 254—259, 1932.
23. С ним же, К вопросу о цепном механизме каталитического окисления водорода, Zs. ph. Ch., (B) 18, 261—263, 1932.
24. О механизме адсорбционного катализа, Ж. физ. хим., 6, 334—355, 1932; Acta phys., 1, 651—684, 1939.

25. О роли адсорбированных атомов в гетерогенном катализе, Ж. физ. хим., 4, 249—254, 1934; Acta phys., 1, 473, 1939.
26. Об активированной сорбции, Ж. физ. хим., 5, 175—208, 1934.
27. Уравнение кинетики активированной адсорбции, Nature, 134, 935, 1934.
28. Совм. с Я. Зельдовичем, Механизм каталитического окисления окиси углерода, I, Acta phys., 1, 545—594, 1934.
29. С ней же, II, ibid., 1, 595—619, 1934.
30. Совм. с Харахориным и Еловичем, то же, III, ibid., 3, 503—508, 1935.
31. Совм. с Еловичем, то же, V, Ж. физ. хим., 10, 677—687, 1937; Acta phys., 7, 293—310, 1937.
32. С ней же, то же, VI, Бюллетень Г.И.А. № 14 за 1938 г.
33. Совм. с Л. С. Гибяньским, Низкотемпературное окисление окиси азота на силикагеле, Ж.Ф.Х. 14, 1347—1352, 1940.
34. О механизме низкотемпературного каталитического окисления молекулярным кислородом, Проблемы кинетики и катализа т. III, 356—393, 1937 г., Химтеорет.
35. Совм. с В. С. Розингом, Природа активной поверхности платины, Учен. Зап. ЛГУ, сер. физич., стр. 67, 1939.
36. Совм. с А. Шехтер, Химические реакции в электрическом разряде, I, ДАН 310, 1934; Acta Phys., 1, 318—332, 1934.
37. С ней же, О реакциях атомного кислорода с галлонидными солями ртути, Ж. физ. хим., VII, 179—181, 1936; Acta Phys., 3, 219—222, 1935.
38. Совм. с И. Мочан, П. Федоровым и А. Шехтер, Химические реакции в электрическом разряде, II, Acta Phys., 4, 757—766, 1936.
39. С ней же, то же, III, Ж. физ. хим., 9, 780, 1937.
40. Совм. с Гопштейном, О возможности получения атомов серы и фосфора вне разряда, Ж. физ. хим., 7, 587, 1936.
41. Совм. с А. Б. Шехтер, Исследование крекинга масел в конденсированном разряде, Ж. пр. хим. 10, 473—486, 1937.
42. Совм. с И. В. Мочан и И. Перверзенцевым, Скорость распада аммиака на торированном вольфраме, Ж.Ф.Х. 6, 762—767, 1935; Acta Phys., 2, 203—210, 1935.
43. О роли пересыщения в генезисе катализаторов, Acta Phys., 4, 729—756, 1935.
44. С. С. Лачинов и А. А. Введенский, Ж. пр. хим. 10, 435, 1937; и С. С. Лачинов, ibid., 1847.
45. Совм. с Д. П. Добычиним и Т. Ф. Целлинской, Повышение активности, форматных катализаторов, Ж.Ф.Х., 13, 1367—1388, 1939.
46. Совм. с Д. П. Добычиним, Интенсификация процесса гидрогенизации жиров, Маслоб. жир. дело, 15, 13—15, 1939.
47. O. H. Wurster, Ind. Eng. Chem., 32, 1193, 1940.
48. Г. Н. Маслянский и Ф. С. Шендерович, Ж.Ф.Х. 14, 1301, 1940.
49. Совм. с К. С. Аблезовой, Гидрирование адсорбированными атомами водорода, ДАН, 1, 490—493, 1935.
50. С ней же, О новом типе промоторов, ibid., 1, 487, 490, 1935.
51. С ней же, О промотирующем действии газов на катализаторы гидрирования, Zs. phys. Ch., 174, 449—469, 1935.
52. Природа активной поверхности металлических катализаторов, ДАН, 30, 23—25, 1941.
53. К. Жадановская, В. Королев И. В. Мочан, Промотирование вольфрама водородом и азотом, ibid., 26—28 стр.
54. А. А. Равдель и Ф. Юдин, Свойства промотированного вольфрама, ibid., 37—39 стр.
55. Совм. с К. С. Аблезовой и Т. Ф. Целлинской, Адсорбционные характеристики промотированного газом никеля, ibid., 29—31 стр.
56. М. Бабкова и И. В. Мочан, Адсорбционные свойства промотированных и неактивных слоев вольфрама, ibid., 32—35 стр.
57. Griffith, The Mechanism of Contact Catalysis, Oxford, 1936.
58. Активные контакты, их образование и природа, Ж. физ. хим. 15, 1—30, 1941.
59. Совм. с Гопштейном, Применение радиоактивного брома в качестве индикатора, Phys. Zs. d. Sovjetun., 7, 672—676, 1936.
60. Совм. с Н. Е. Брежневой и А. И. Шилинским, Метод введения радиоактивных галондов в органические молекулы, Ж. Ф. Х., 8, 849—865, 1936; Acta Phys., 5, 549—574, 1936.
61. С ними же, Скорость межсольватного обмена, Ж. Ф. Х., 9, 296—300, 1937; Acta Phys., 6, 473—479, 1937.
62. С Н. Е. Брежневой, О каталитическом переносе при изотопном обмене, Ж. Ф. Х., 9, 752—754, 1937.
63. С ней же, Кинетика изотопного обмена брома между бромистым алюминием и бромистым этилом, Ж. Ф. Х. 10, 367—371, 1937.
64. Совм. с В. Е. Тартаковской, О межсольватном обмене, ДАН., 24, 710, 1939.
65. Совм. с П. Афанасьевым, Кинетика межсольватного обмена, ДАН, 26, 384—387, 1940.
66. Совм. с Н. Е. Брежневой, Применение искусственных радиоактивных индикаторов, Успехи химии, 7, 1503—1576, 1938.
67. С ней же, Кинетика каталитического бромирования, Ж. Ф. Х. 12, 209—222, 1940.

68. Исследование строения растворов и гомогенного катализа методом искусственных радиоактивных индикаторов, Изв. Акад. Наук № 1, 17—38 стр., 1940.
69. Кинетические основы метода радиоактивных индикаторов, Acta Phys., 14, 1—26, 1941.
70. О кинетике топохимических реакций, Ж. Ф. Х., 12, 427—444, 1938.
71. О роли пересыщения и лимитирующей стадии топохимических реакций, Доклад на Фарадеевском обществе, Trans. Faraday Soc., 34, 959, 969, 1938.
72. Кинетика роста кристаллов, Ж. Ф. Х., 13, 1040—1052, 1939.
73. Zawadzki и. Bretsneider, Zs. Electroch. 41, 215, 1935.
74. Совм. с О. М. Тодесом, Зависимость законов распределения кристаллов по дисперсности от кинетики кристаллизации, Известия Акад. Наук, сер. химич., № 3, стр. 331—348, 1940.
75. С ним же, Кинетика превращения парцелированных тел, ДАН, 27, 681—684, 1940, Изв. АН сер. химич., № 4 стр. 475—491, 1940.
76. Адсорбции и катализ, Проблемы кинетики и катализа, т. III, 356—393 стр., Химтеорет., 1937.
77. Теоретические основы гетерогенного (контактного) катализа, ч. 1, Москва (литогр.) 1935.
78. То же, ч. II, Москва (литогр.) 1936.
79. XX лет теории катализа в Советском Союзе, Сборник: Математика и Естествознание в СССР, 1938.
80. Кинетика химических реакций, ч. 1, Конспект лекций 1939 г., Политехи. Ин-т, 1939.
81. Химическая кинетика и технологии, Вестник Акад. Наук, 9, 162—173, 1939.
82. Ядерные реакции, Успехи химии 9, 1217—1251, 1940.