

ИЗ ИСТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ХИМИИ

Успехи теоретической химии способствовали бурному развитию промышленной технологии и возникновению мощной современной химической промышленности. Особенно ценные результаты принесли исследования закономерностей протекания химических реакций, - и прежде всего работы в области термодинамики Вальтера Нернста. В первом десятилетии нашего века труды этого теоретика помогли Фрицу Габеру осуществить химическую фиксацию атмосферного азота.

Получение азотных соединений стимулировалось интенсивным развитием земледелия. После того как в середине прошлого века Юстус Либих заложил основы агрохимии и показал, что растения нуждаются в определенных элементах, началось производство минеральных удобрений. Их важнейшей составной частью являются соединения азота. Основные залежи этих веществ находились в пустыне Атакама в Чили. Однако запасы чилийской селитры были ограничены, и это создавало большие препятствия для развития земледелия. Требовался какой-то другой источник азота, который мог бы заменить селитру.

Этим вопросом занялся профессор Ф. Габер из Карлсруэ. В 1904 г. он начал эксперименты по получению аммиака — основы для синтеза азотной кислоты и нитратов. Габер пропускал электрические искры через смесь азота и водорода, но процесс оказался неэффективным. Не увенчались успехом и попытки использовать электрическую дугу и нагрев до 1000°C. Немецкий химик счел работу бесперспективной и прекратил ее.

В 1906 г. Вальтер Нернст опубликовал результаты своих теоретических исследований по термодинамике, где, в частности, рассматривались условия химического равновесия в реакции соединения азота и водорода с образованием аммиака. Познакомившись с работой Нернста, Габер решил проверить его выводы экспериментально. Действие высокой температуры он уже исследовал, и теперь ему оставалось выяснить, как влияет на реакцию высокое давление.

При синтезе аммиака из двух молекул (азота и водорода) образуется одна. Согласно законам химической кинетики, повышение давления способствует смещению равновесия к конечному продукту. И действительно, при температуре 500°C и давлении 200 атм Габеру удалось получить аммиак путем непосредственного соединения атмосферного азота с водородом. Вскоре после этого открытия была разработана соответствующая технология и начался промышленный синтез аммиака, что привело к значительному снижению цен на азотные удобрения.

К сожалению, нитраты имеют и другое применение: они используются при производстве взрывчатых веществ. Несмотря на это, Нобелевский комитет по химии счел, что мирное применение результатов Габера заслуживает

достойной оценки, и в 1918 г. ему была присуждена Нобелевская премия по химии.

Массовое производство аммиака началось в канун I первой мировой войны. Его основы были заложены исследованиями двух названных здесь ученых, однако практическая реализация их идей была осуществлена Карлом Бошем, химиком-технологом предприятия «Бадише анилин унд сода фабрик». Его работа — пример сочетания науки и инженерной практики.

Приступив к практической реализации метода Габера, Бош прежде всего решил вопрос о получении в достаточных количествах и по низкой цене исходного сырья (азота и водорода) и только после этого двинулся дальше. В своих опытах Габер использовал в качестве катализатора осмий, редкий и дорогой металл. После упорных исследований Бош открыл катализаторы, состоящие из окиси железа и алюминия, дешевых и широкодоступных веществ. Решив эту проблему, Бош занялся наконец вопросами конструирования и изготовления промышленной установки.

При высокой температуре водород становится химически настолько активным, что вступает во взаимодействие со сталью. В сочетании с высоким давлением это неизбежно приводило к быстрому разрушению аппаратуры.

Первые установки работали не более нескольких часов и монтировались вдали от мест, где находились люди. После многочисленных экспериментов Бош пришел к оригинальной идее. Он создал установку, состоящую из двух камер: внешней, из обычной стали, где процесс происходил при высоком давлении и относительно низкой температуре, и внутренней, которая испытывала воздействие только очень высокой температуры; легированный сплав, из которого она была сделана, сохранялся длительное время. Таким образом, был создан высокоэффективный конвертор для непрерывного синтеза аммиака.

Разрабатывая метод получения чистого водорода из так называемого водяного газа (смеси окиси углерода и воды). Бош столкнулся с проблемой очистки водорода от окиси углерода. В ходе исследований он обнаружил, что при высокой температуре и давлении эти вещества соединяются, образуя метиловый спирт. Так возникла технология получения одного из основных видов сырья для современной органической химии. Метиловый спирт (метанол) сегодня рассматривается как один из самых перспективных видов топлива.

Проблемой топлива в начале нашего столетия занимался известный химик Фридрих Бергиус. Он начал свои эксперименты приблизительно в то время, когда Габер обрел известность, предложив метод синтеза аммиака при высоком давлении. В своих исследованиях Бергиус использовал подобные же методы. Он интересовался процессами образования угля, происходящими в недрах Земли при огромном давлении и высоких температурах. В своей частной лаборатории в Ганновере Бергиус пытался за короткий промежуток времени осуществить то, для чего природе понадобились миллионы лет.

Пытаясь превратить целлюлозу в уголь, Бергиус получил продукты, поглощающие водород. Это навело его на мысль попробовать соединить водо-

род с обычным углем и получить таким образом нефть. Цель была заманчивая. Вопрос о запасах нефти остро встал в первые десятилетия нашего века, когда начал бурно развиваться автомобильный транспорт. Промышленность пока еще довольствовалась углем, но автомобили требовали жидкого топлива. Оценки запасов нефти выглядели крайне пессимистично: считалось, что нефти хватит, самое большее, до 1950 г. Это и побудило Бергиуса заняться решением задачи спасения человечества от энергетического голода.

Способы производства водорода из угля были известны. Используя полученный таким образом водород, Бергиус при высоких температуре и давлении добился превращения низкокачественных углей в жидкое топливо. Полная отработка технологии была закончена к 1927 г. Возможности маленькой лаборатории Бергиуса давно были исчерпаны, и ему пришлось обратиться за помощью к крупным фирмам.

Технические достижения Карла Боша и Фридриха Бергиуса в области синтеза при высоком давлении явились крупным шагом в развитии химической индустрии. Промышленное производство азотных удобрений получило сегодня широкое распространение, а сокращение запасов нефти остро ставит вопрос о получении искусственных видов топлива. В 1931 г. Нобелевский комитет по химии, оценив вклад названных исследователей, принял решение присудить им Нобелевскую премию.

Полимеры

В начале 20-х годов немецкий химик Герман Штаудингер выдвинул теорию, согласно которой некоторые небольшие молекулы могут объединяться в цепи, содержащие десятки тысяч атомов. Штаудингер считал, что такие макромолекулы содержатся в некоторых коллоидных растворах. Эти идеи были встречены большинством химиков в штыки и целое десятилетие оставались предметом бурных дискуссий, ибо противоречили образу мышления и духу того времени. Ученые не хотели верить, что посредством обычной химической связи может удерживаться вместе огромное число атомов. Подобная позиция кажется странной, если учесть, что исследователи того времени уже давно имели дело с макромолекулами и полимерами.

С одной стороны, нередко случалось, что при химических реакциях вместо ожидаемого соединения получались резиноподобные или смолистые вещества. С другой стороны, биохимики выделяли вещества, образующие коллоидные растворы. Эти результаты объясняли наличием какого-то неизвестного физического взаимодействия между молекулами. Химики просто-напросто никак не могли допустить возможности образования полимеров.

Но пока теоретики вели ожесточенные споры, практика давала все новые удивительные результаты. После того как удалось добиться модификации таких природных полимеров, как целлюлоза, каучук и другие, началось синтезирование полностью искусственных веществ, которые не встречаются в природе. Среди пионеров в этой области прежде всего следует назвать

Адольфа Байера и Лео Хендрика Бакеланда, открывших бакелит. В 1931 г. Уоллес Хьюм Карозерс синтезировал первые полиамидные смолы. Одна из них под названием «нейлон» получила широкую известность. Успехи синтетической химии склонили весы в пользу взглядов Штаудингера. В 30-е годы его теория приобретала все больше сторонников. Появились такие понятия, как высокомолекулярные соединения, полимеры, пластмассы и т. д. Разрабатывались методы исследования строения макромолекул и изыскивались пути их получения. Достигнутые результаты широко внедрялись в практику — производство новых видов пластмасс развивалось бурными темпами.

Штаудингер как исследователь-теоретик остался в стороне от этого развития. Макромолекулы и полимеры занимали его только как интересное с научной точки зрения состояние вещества. Тем не менее именно его работы положили начало развитию этого нового раздела химии. Поэтому — хотя и с известным опозданием — его работы привлекли внимание академиков из Стокгольма. В 1953 г., когда уже все восторженно говорили о наступлении эры пластмасс, Штаудингер был удостоен Нобелевской премии по химии.

Вообще говоря, число веществ, способных к самопроизвольной полимеризации, весьма незначительно. Обычно для начала реакции необходимы специальные условия и катализаторы. Например, для соединения молекул этилена в цепь необходимо давление 1200—3000 атм и температура около 200°C. Технология производства пластмасс претерпела коренные изменения после открытия химика-органика (ФРГ) Карла Циглера, директора Института им. Макса Планка по исследованию угля в Мюльхейме (Рурская область).

Располагая в своем институте большим количеством этилена, Циглер занялся исследованиями каталитического воздействия различных веществ на его полимеризацию.

В начале 50-х годов после длительных экспериментов он достиг желанного успеха. Была создана технология, которая позволяла полимеризовать этилен при низком давлении с помощью смешанного титан-алюминиевого катализатора (катализатора Циглера). Об открытии Циглера было официально объявлено в 1953 г., и он получил патенты в ряде стран. Полиэтилен, синтезированный при низком давлении по технологии Циглера, имел отличные качества благодаря хорошей линейной упорядоченности полимерных цепей, полученных с применением катализатора.

Узнав об этом крупном успехе, химик-органик Джулио Натта из Милана решил подробнее изучить, как действуют катализаторы Циглера и какие полимеры при этом получаются. С этой целью он решил использовать методы рентгеновской и электронной дифракции. Было установлено, что катализаторы имеют своеобразную структуру, обеспечивающую образование стереорегулярных полимеров. Начав с изучения результатов Циглера, Натта сделал собственные важные теоретические обобщения, которые в дальнейшем значительно облегчили усовершенствование технологии производства полимеров. В 1963 г. теоретик Джулио Натта и экспериментатор Карл Циглер были удостоены Нобелевской премии по химии.

Однако после первых безудержных восторгов, связанных с получением пластмасс,— когда считалось, что они вытеснят чуть ли не все остальные материалы,— пришло отрезвление: выяснилось, что макромолекулы имеют и свои недостатки. Для их преодоления необходимы более глубокие теоретические исследования. Одним из ученых, работавших в этой области, является американский физикохимик Пол Джон Флори.

Этот ученый открыл ряд зависимостей между термодинамическими параметрами полимеров и свойствами их растворов. Занимаясь методами образования макромолекул, Флори внес ясность в вопросы, касающиеся их химической природы, конфигурации и взаимодействия. На основе физикохимических характеристик полимеров Флори получил ряд данных об их строении и свойствах. В 60-е годы этот ученик Карозерса применил свои открытия и к исследованию биологических макромолекул.

Четыре десятилетия, отданные науке о полимерах, принесли Полу Флори мировое признание. Общее мнение научной общественности нашло свое выражение в присуждении этому исследователю в 1974 г. Нобелевской премии по химии.

Химический синтез

Химический анализ и синтез, как правило, неразрывно связаны. После того как экспериментатор разделит какое-либо соединение на составляющие его элементы, он пытается построить определенную гипотезу относительно их упорядоченности в соединении, и лучший способ проверить ее — это синтез. Именно так строилась работа Эмиля Германа Фишера по изучению строения и синтезу углеводов и ряда производных пурина (веществ, имеющих исключительно большое значение для биохимии).

Свои исследования Сахаров Фишер начал в 1884 г., накопив значительный опыт в работе с более простыми соединениями, у которых проявляются подобные свойства. Он синтезировал большое число моносахаридов, в том числе глюкозу и фруктозу. Обобщая свои данные, Фишер предложил простую номенклатуру, которую довольно быстро химики приняли. Наряду с этими работами Фишер экспериментировал также с соединениями, объединенными в группу пурина и его производных. Она включает такие вещества, как кофеин, теобромин из бобов какао, гуанин, аденин, гипоксантин и другие. Фишер показал их большое сходство и синтезировал пурин — исходное соединение, имеющее молекулу кольцевидной формы, из которого получают различные вещества данной группы. Далее Фишер стал разрабатывать методы синтеза пуриновых соединений и их взаимного превращения.

Имея большое значение для химии органических соединений, эти исследования впоследствии стали основой, на которой формировались представления о строении углеводов и нуклеиновых кислот. К этой группе относятся такие гигантские биомолекулы, как целлюлоза, гликоген, ДНК и многие другие. Работы Фишера по сахарам подтолкнули ученых и экспериментаторов к

исследованиям процессов ферментации и ферментов, а затем и белков. Фишер принадлежал к числу тех ученых, которые считали, что между ферментом и субстратом, превращение которого он катализирует, должно существовать пространственное соответствие — они должны подходить друг к другу, как «ключ к замку».

В 1889 г. Фишер начал исследования белковых веществ, создав метод разделения и анализа аминокислот, из которых они строятся. В 1902 г. он установил, каким образом аминокислоты соединяются между собой, образуя гигантские биополимеры. Это крупнейшие его открытия, благодаря которым он широко известен и сегодня. Однако и до этих исследований Фишер пользовался большим авторитетом среди своих коллег. За исследование Сахаров и пуринов он был удостоен в 1902 г. Нобелевской премии по химии.

С того времени как стали присуждаться Нобелевские премии, было немало крупных ученых, работы которых, однако, не совсем отвечали условиям, предусмотренным уставом Нобелевского фонда. В ряде случаев эксперты из Нобелевских комитетов, желая отметить заслуги таких исследователей, находили компромиссное решение. Так произошло с одним из самых замечательных специалистов в области химического синтеза второй половины XIX в. Адольфом Байером. Через три года после своего ученика Э. Фишера он также стал лауреатом Нобелевской премии.

Сегодня А. Байер наиболее известен как исследователь, который синтезировал и установил свойства индиго. Начиная с 1865 г. он в течение более чем десяти лет исследовал структуру этого природного красителя и испытывал различные способы его получения. Путь к разработке промышленной технологии оказался более длинным, и лишь в 1890 г. началось производство дешевого искусственного красителя, а к концу прошлого века плантации, на которых выращивали растение индигофера, стали нерентабельны. Немецкий ученый провел обширные исследования и других красителей, в частности фенолфталеина. Байер стремился создать теорию, которая могла бы объяснить связь между строением и цветом соединения. Он работал и с пироловыми, и с пиридиновыми циклическими соединениями и начал исследование пуринов, продолженные его учеником Фишером.

Опыты Байера с так называемыми ароматическими соединениями (они обязаны своим названием отнюдь не аромату), которые характеризуются определенной структурой, производной от бензола, привели его в 90-е годы прошлого века к открытию гидроароматических соединений. Эти вещества насыщены водородом, и в них отсутствуют двойные связи, столь характерные для бензола и подобных ему веществ. К гидроароматическим соединениям относятся такие природные вещества, как терпены и камфора.

Адольф Байер, один из самых универсальных химиков конца прошлого века, работал во многих областях. Однако Нобелевская премия была присуждена ему в 1905 г. именно за исследования органических красителей и гидроароматических соединений. Его работы внесли большой вклад в развитие органической химии.

Основной метод синтетической химии состоит в нахождении соответствующих реакций, при которых в молекулы могут выстраиваться определенные атомы и радикалы. Реакцию такого типа открыл Виктор Гриньяр из Лионского университета. Исследования этого ученого были связаны с элементоорганическими соединениями. Это органические соединения, содержащие в молекуле помимо углерода и водорода любой элемент (за исключением азота, кислорода, серы и галогенов), непосредственно связанный с углеродом. (Соединения, в которых таким элементом является металл, называются металлоорганическими.) В ходе своих исследований Гриньяр обнаружил вещества с особыми свойствами, подходящими для синтеза.

Реактивы, открытые Гриньяром в начале века, применяются ныне почти в любой области химии синтеза. Это соединения, в которых органическая молекула связана с магнием, а атом магния — с каким-либо галогеном, например хлором, бромом, йодом и т. д. С помощью реактивов Гриньяра получают разные спирты, элементоорганические соединения и многие другие вещества. И в наши дни этот метод синтеза остается одним из наиболее популярных и широко применяемых в органической химии. За это крупное открытие Виктор Гриньяр был удостоен в 1912 г. Нобелевской премии по химии. Эту награду с ним разделил Поль Сабатье, также известный своими достижениями в области синтетической химии, синтеза, разработавший методы органического катализа.

Сабатье, как и Гриньяр, стал академиком. Однако до этого он долгие годы работал в провинции — преподавал в Тулузском университете. Этому учебному заведению Сабатье отдал почти полвека своей жизни. Его наиболее известные работы связаны с применением каталитических методов. Он первым выдвинул теорию каталитического действия металлов. Вместе со своим сотрудником Жаном Батистом Сандераном Сабатье разработал так называемые гетерогенные катализаторы (сильно раздробленные металлы, ускоряющие химические реакции). Во множестве экспериментов были исследованы каталитические свойства никеля, кобальта, платины, железа, меди и ряда других металлов, а также их окислов и сплавов. Основной механизм действия этих катализаторов заключается в добавлении водорода к органической молекуле или в выделении его из молекулы.

Присоединение водорода (гидрирование) — прием, которым широко пользуются в химической технологии. При высоких температурах и давлениях таким методом получают аммиак из атмосферного азота или жидкие углеводороды из угля. Каталитическое гидрирование, начало которому положили работы Поля Сабатье, дает возможность при достаточно мягких условиях получать из жидких растительных масел твердые. Примером может служить производство маргарина.

Большим шагом вперед явилось введение в органический синтез порошкообразных катализаторов. За обширные исследования в этой области П. Сабатье получил в 1912 г. Нобелевскую премию по химии вместе с В. Гринья-

ром. Работы этих ученых имели особенно большое значение для прикладной химии и химической технологии.

В 20-е годы профессор Кильского университета Отто Дильс вместе со своим сотрудником Куртом Альдером предложил новый метод химического синтеза, который нашел такое же широкое применение, как и реактивы Гриньяра. Реакция основывалась на свойствах так называемых диеновых соединений, имеющих двойные связи.

В 1928 г. О. Дильс и К. Альдер открыли и объяснили один из видов реакции диеновых соединений с молекулами, имеющими обычные одинарные связи. Подобные реакции наблюдались и раньше, однако не получили должного объяснения. Два немецких исследователя сразу же поняли, что вновь открытое взаимодействие позволяет создать новый метод синтеза. И действительно, методом диенового синтеза было получено большое количество соединений, синтез которых до этого был очень затруднен или даже казался невозможным.

Реакция Дильса — Альдера широко используется для синтеза циклических соединений с кольцевидной структурой. Так получают молекулы, служащие исходным сырьем для получения большого числа важных веществ — аналогов природных соединений. Наряду с этим указанная реакция служит ценным методом исследования строения сложных молекул.

Отто Дильс, ученик Э. Фишера, стал лауреатом Нобелевской премии по химии в 1950 г. Вместе с ним был награжден и Курт Альдер. Носящая их имя реакция сегодня широко используется в синтетической химии.

Синтез сложных природных соединений позволяет также и разгадать их структуру. Особых успехов в этой области добился американский химик-органик, профессор Гарвардского университета Роберт Берне Вудворд¹. Этот ученый осуществил целую серию замечательных синтезов: хинина, стрихнина, холестерина, кортизона, различных аминокислот и т. д. К этому можно добавить исследования структуры антибиотиков. Последующие синтезы дали возможность получать их различные модификации. Синтезирование новых антибиотиков очень важно для медицинской практики, так как позволяет «опережать» микроорганизмы, многие из которых, как известно, быстро приспособляются к действию лекарств. Наряду с экспериментальной деятельностью Р. Вудворд известен и теоретическими разработками, касающимися химических реакций различных видов и перегруппировки атомов в ходе этих реакций. Занявшись биологией, Вудворд создал теорию биологического происхождения алкалоидов и занялся синтезом белковых молекул.

За свою плодотворную и разностороннюю деятельность Роберт Берне Вудворд в 1965 г. был удостоен Нобелевской премии по химии.

Синтетическая химия — это своеобразное творчество. Итальянский историк химии Микеле Джуа называет ее «покорением вещества». В этой об-

¹ Благодаря работам таких ученых, как Р. Б. Вудворд, Д. Бартон, советский химик М. М. Шемякин и др., органический синтез из «искусства» превратился в область целенаправленного «крупноблочного строительства».

ласти химии наиболее отчетливо видно, как ученые продвигаются вперед на ощупь, ведомые своей интуицией. Правила и принципы синтеза вырабатываются лишь после того, как открываются новые удачные реакции. Эта область деятельности продолжает оставаться плодотворным поприщем для многих исследователей. К числу последних достижений синтетической химии относятся исследования Герберта Чарлза Брауна и Георга Виттига, которые разработали методы синтеза сложных органических соединений, содержащих элементы бор и фосфор.

Герберт Браун, выпускник Чикагского университета, сначала занимался неорганической химией. Еще молодым исследователем он как-то получил в подарок книгу о соединениях бора. Эти вопросы очень его заинтересовали и в значительной степени определили его дальнейший путь. Еще в начале 40-х годов он получил реактивы, нашедшие широкое применение в органической химии.

В 1956 г. Браун открыл реакцию, в которой бор присоединялся к органическим молекулам двойной связью. Производные вещества могут вступать далее в различные реакции, при которых на место бора вводятся функциональные группы. Этот метод открывал возможность получения новых комбинаций атомов и радикалов, синтеза большого числа органических соединений, природных и лекарственных веществ. Были открыты также соединения, ранее вообще неизвестные.

Как и многие крупные ученые, Браун чрезвычайно плодотворно работает. Он автор 700 статей и 4 монографий, подготовил более 200 будущих научных работников. За большие достижения в исследовании органических соединений бора Герберт Браун был удостоен в 1979 г. Нобелевской премии по химии.

Другим лауреатом того же года стал химик из Гейдельбергского университета Георг Виттиг. Коллеги причисляют Виттига к создателям современного органического синтеза, в котором особенно широко используются элементоорганические соединения. В обычных органических молекулах главное место занимает углерод, наряду с ним встречаются водород, кислород и азот. К этим молекулам могут добавляться атомы металлов или других элементов. Работа Виттига связана преимущественно с фосфорорганическими соединениями.

Виттиг сосредоточил внимание на реакции, исследованной Штаудингером еще в 1919 г. В этой реакции осуществляется взаимодействие полярных фосфорорганических соединений — так называемых илидов — с различными органическими молекулами. Для илидов характерно, что в них углерод, связываясь с фосфором или другим подобным элементом, приобретает отрицательный заряд. Это приводит к таким свойствам фосфорпроизводных, которые создают условия для необычной реакции.

Многие годы на эту реакцию никто не обращал внимания, и ее возможности оставались нераскрытыми. Она широко введена в химию в 1953 г. именно Виттигом и названа его именем. Использование фосфоилидов —

один из основных методов современного органического синтеза. Реакция Виттига обеспечивает эффективный способ получения огромного множества самых разнообразных соединений: с ее помощью можно синтезировать как линейные структуры, подобные витамину А, так и сложные кольцевидные соединения.

Чисто лабораторное открытие Виттига благодаря работе химиков и технологов нашло широкое практическое применение. Сам Виттиг сегодня занимается другими исследованиями подобного рода, польза которых пока еще не очевидна, однако истинное их значение покажет лишь будущее. Присуждение Георгу Виттигу и Герберту Брауну Нобелевской премии является еще одним свидетельством большого значения синтетической химии — области науки, непосредственно связанной с повседневной жизнью человека.

После работ Ф. Сенгера начались попытки синтеза белковых молекул. Это оказалось очень непросто. Необходимы были сотни реакций для получения белка всего в тысячных долях процента.

В 1961 г. Роберт Брюс Мэрриффилд из Рокфеллеровского университета решил синтезировать пептидные цепи белков, используя автомат, работавший на принципиально новой основе. Синтез полипептидной нити осуществлялся на микроскопическом шарике твердого полимерного носителя. К такому шарикю прикрепляли первую аминокислоту, а затем последовательно «наращивали» на ней остальные. В конце концов полученный пептид отделялся от твердого носителя и переводился в раствор. Эффективность нового метода была продемонстрирована уже в 1963 г.: был синтезирован пептидный гормон брадикинин, состоящий из 9 аминокислот. Существенно то, что методы очистки и разделения продуктов можно заменить стандартными операциями промывки и фильтрования.

В Советском Союзе М. М. Шемякин и Ю. А. Овчинников разработали такой же метод синтеза на растворимом полимерном носителе. Он позволяет получить более однородный и чистый пептид. Разработанная Р. Мэрриффилдом методология твердофазного синтеза произвела подлинную революцию в химическом синтезе и оказала мощное воздействие на развитие различных областей биохимии, молекулярной биологии, биотехнологии и т. д. По мнению многих авторитетных ученых, открытие Мэрриффилда оказало большое влияние на сам образ мышления специалистов. За свое выдающееся достижение, открывающее новые горизонты в познании свойств вещества, Роберт Брюс Мэрриффилд был удостоен в 1984 г. Нобелевской премии по химии.

Источник: Чолаков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия: Пер. с болг. / Под ред. и с предисл. А.Н. Шамина. — М.: Мир, 1986. — 386с.