

ными следует считать те нуклиды, которые распадаются за время, существенно превосходящее времена жизни составных ядер, образующихся в ядерных реакциях (среднее время жизни последних оценивается величинами порядка 10^{-13} — 10^{-14} с). Однако при подобном подходе понятие нестабильности применительно к ядерным структурам материи оказывается более широким по содержанию, чем понятие радиоактивности.

Учение о радиоактивности накопило к настоящему времени огромный фактический материал, который в той или иной степени теоретически осмыслен. Однако центр тяжести исследований феномена радиоактивности ныне сместился в сторону практического применения достигнутых результатов. Но, как и в любой другой области знания, на пути дальнейшего познания радиоактивности предстоят неожиданные и существенные открытия. Двудейное представление о явлении радиоактивности — как свойстве и как процессе — дает, на наш взгляд, необходимую методологическую основу для дальнейшего углубления и расширения его понимания.

Такое понимание неизбежно должно быть связано с еще более глубоким проникновением в тончайшие детали ядерных структур и закономерностей, обуславливающих само их существование и проявление ими различных свойств. Между тем особенность современного исторического момента состоит в том, что хотя «физики... сумели разглядеть детали самих внутриядерных частиц, перейдя на более глубокий — кварковый — уровень», изучение собственно структуры ядра «ушло с переднего фронта как бы в арьергард исследований» [9, с. 211]. Однако это не означает, что физика ядра изучалась в последние десятилетия менее интенсивно, чем раньше; достигнутые успехи достаточно впечатляющи. По словам авторов статьи [9], «по новому ставится теперь школьный вопрос: „Из чего состоят ядра?“. Кроме основной при низких энергиях нуклонной компоненты волновой функции ядра эксперименты дают информацию о других компонентах: кластерной, мезонной, изобарной, странной, очарованной и, наконец, кварковой» [9, с. 211]. Короче говоря, чисто «нуклонная» трактовка природы и механизма проявления свойства нестабильности в конечном итоге может оказаться лишь своего рода наглядным приближением к истине.

Литература

1. Curie P., Curie-Skłodowska M., Bémont G. Compt. Rend., 1898, v. 127, p. 1215—1217.
2. Погодин С. А., Либман Э. П. Как добыли советский радий. Изд. 2-е. М., 1977.
3. Гольданский В. И. Радиоактивность.— В кн.: Краткая химическая энциклопедия. Т. 4. М., 1965, с. 453.
4. Kohman T. Proposed new word, Nuclide.— Amer. J. Phys. 1947, v. 15, p. 356.
5. Фридлендер Г., Кеннеди Дж., Миллер Дж. Ядерная химия и радиохимия. М., 1967, с. 55.
6. Шуколюков Ю. А. и др. Изучение кинетики выделения изотопов аргона из уранинитов в связи с проблемой происхождения ^{38}Ar .— Геохимия, 1966, № 8, с. 923—925.
7. Шуколюков Ю. А. Деление ядер урана в природе. М., 1970. 270 с.
8. Rose H., Jones G. Nature, 1984, v. 307, p. 245—247.
9. Беляев С. Т., Зелевинский В. Г. Нильс Бор и физика атомного ядра.— Успехи физ. наук, 1985, т. 147, вып. 2.
10. Трифонов Д. Н. Возникновение и развитие современной атомистики.— В кн.: Физика XX века. Развитие и перспективы. М., 1984, с. 93—135.
11. Вальцев А. Н., Кривомазов А. Н., Трифонов Д. Н. Правило сдвига и явление изотопии. М., 1976.
12. Трифонов Д. Н., Кривомазов А. Н., Лисневский Ю. И. Химические элементы и нуклиды. М., 1980.

К ВОПРОСУ О СОПРОТИВЛЕНИИ НОВОВВЕДЕНИЯМ В НАУКЕ: ИСТОРИЯ ВОСПРИЯТИЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА М. С. ЦВЕТА

С. Г. КАРА-МУРЗА

Ни одно другое открытие не оказало столь огромного влияния и так не расширило горизонты исследования химика-органика, как хроматографический адсорбционный анализ Цвета.

П. Каррер

В этих словах, сказанных выдающимся химиком XX в. в 1947 г. на конгрессе ИЮПАК [1, с. 498], дана оценка метода, который не только стал одним из краеугольных камней современной методологической основы научных дисциплин, изучающих вещество, но и оказал огромное влияние на формирование современного стиля мышления естествоиспытателя. Труд М. С. Цвета представляет собой уникальный объект для изучения структуры процесса инновации в самой науке. В истории восприятия научным сообществом начала XX в. хроматографического метода Цвета отразился, как в капле воды, весь комплекс синергически взаимодействующих мотивов активного сопротивления кардинальным научным и техническим нововведениям.

Распространение нового научного метода как специфический случай научно-технического нововведения

Быстрый прогресс познавательных возможностей науки сделал актуальной проблему выявления закономерностей процесса ассимиляции научных достижений в общественной практике. Изучение инновационного процесса в самых разных сферах (материальном производстве, управлении, образовании, медицине и т. д.) стало важной междисциплинарной областью общественных наук.

Наука является важной областью продуктивной человеческой деятельности. Знание закономерностей обновления познавательных средств, процесса научно-технического нововведения в самой науке приобретает не только методологическое, но и все большее прикладное значение. Однако исследование этих закономерностей выходит, по нашему взгляду, далеко за рамки интересов лишь «науки о науке». Процесс распространения новых технологий научных исследований общих проблем технического нововведения может стать прекрасным объектом для исследования общих проблем технического нововведения.

Прежде всего достоинством этого объекта является существование в науке большого числа индивидуальных «производителей», осваивающих новую технологию. Это позволяет получать количественные данные, поддающиеся статистической обработке. Например, в промышленности сравнительно небольшое число предприятий в отдельной отрасли затрудняет использование методов статистики при изучении динамики распространения нововведений. Получение информации об используемой на том или ином предприятии технологии часто сопряжено со значительными трудностями. В науке же издавна существует строгая норма: подробно описывать в публикации все использованные в работе методы и приборы. Вследствие этого точная информация о движении новой технологии исследований хранится в архивах науки, доступных исследователю. Это позволяет поставить на прочную эмпирическую базу исторический анализ распространения конкретного нововведения в той или иной области науки, в той или иной стране [2—4].

Наконец, нововведение в самой исследовательской лаборатории является особенно «чистой» моделью, так как в ней устранено стереотипное представление о распределении «ролей» в этом процессе. Стало привычным представление, что в технологическом нововведении производство является традиционно консервативной стороной, а ученому имманентно присуща новаторская установка. В науке же «производителем», внедряющим у себя новую технологию, является сам ученый, и возникающие при этом кол-

лизии нельзя объяснить психологическим стереотипом той или иной группы работников. Причины следует искать в общих закономерностях самого процесса нововведения.

Как показывает история науки, и здесь нововведение сталкивается с большими, кажущимися порой иррациональными трудностями. И здесь термин «диффузия нововведения» может применяться лишь для абстрактного макроскопического описания процесса. По сути своей распространение нововведений совершенно не напоминает диффузию — самопроизвольный процесс, которому среда оказывает пассивное сопротивление¹. Это сопротивление активно и отнюдь не иррационально, как ни поражают нас порой факты удивительной слепоты, неприятия новых идей даже со стороны крупнейших ученых, которые сами являлись новаторами и творцами.

Структура сопротивления нововведениям в науке

Как и в любых случаях воздействия комплекса факторов, кажущийся иррациональным результат связан здесь с проявлением синергизма факторов (причем некоторые из них могут казаться *сами по себе* незначительными и выпадать из поля зрения). Так, традиционная психология научного творчества не может, используя монодисциплинарный подход, объяснить случаи «преступного» отношения к новым научным идеям — адекватное понимание возможно лишь на основе комплексного подхода, объединяющего логические и социально-психологические стороны явления. На таком подходе базируются исследования восприятия новых открытий в науковедении [5].

В основе сопротивления, которое оказывает научное сообщество новым идеям, лежит стремление обеспечить достаточную стабильность объединяющей это сообщество когнитивной структуры. Очевидно, что вызванный когнитивными причинами критицизм играет в науке конструктивную роль. Он является тем внешним стимулом, который заставляет ученого сделать все возможное для достижения максимального качества своего продукта — новой идеи. Значительная часть крупных открытий была «доработана» из сырых идей непосредственно благодаря сопротивлению научной среды.

Очевидно, что наибольшее трансформирующее воздействие на когнитивную структуру оказывает новая теория и в когнитивном плане перенос теории связан с наибольшими трудностями. На этом фоне некоторые авторы вообще считают несущественным сопротивление распространению иных, чем теория, элементов когнитивной структуры. Так, Н. Сторер пишет: «В том, что касается методологии исследований и техники, перетекание знаний из дисциплины в дисциплину довольно обычно и не сопровождается особыми трудностями» [6, с. 92—93]. Действительно, метод внедряется в когнитивную структуру исследовательской области легче, чем теория. Благодаря этому он нередко служит «троянским конем», позволяющим теоретическим концепциям, связанным с методом, легче преодолеть когнитивные барьеры, но это вовсе не означает, что метод всегда воспринимается легко. Сопротивление вызывают даже такие методы, потребность в которых остро ощущается в научном сообществе и которые не вносят концептуальных изменений в исследовательскую область. Например, в конце 1950-х годов был создан эффективный и простой метод разделения веществ в зависимости от их молекулярной массы — гель-фильтрация. Он был очень нужен, понятен и дешев и в общем распространился по всему миру с поразительной быстротой (сейчас каждая вторая статья в журнале «Biochemistry» отражает использование этого метода). И все же, как оказалось, вначале идея метода активно отвергалась коллегами его создателей. Один из авторов метода Дж. Порат вспоминает: «Я никогда не забуду тот скептицизм, с которым встречались наши попытки внедрить молекулярные сита. Почти никто, кроме нас самих, не верил в поперечно-сшитые декстраны как средство для разделения» [1, с. 325]. Этот скептицизм кажется просто иррациональным, если

¹ Если уж искать аналогии процессу нововведения в природных явлениях, то наиболее близкой моделью для него является, на наш взгляд, активный перенос веществ через биологические мембраны. Эта аналогия указывает на следующие важные особенности распространения нововведений: во-первых, сопротивление среды является не пассивным, а активным и структурированным, использующим определенные механизмы; во-вторых, перенос нововведения, как и активный транспорт, требует значительных затрат энергии; в-третьих, важную роль в распространении нововведения играют специальные «агенты-переносчики», т. е. люди, выполняющие в этом процессе весьма специфическую функцию.

учесть, что экспериментальная проверка доводов спорящих сторон заняла бы в случае гель-фильтрации не более часа.

Скептицизм или равнодушие коллег по отношению к новому методу проявляются в том случае, когда он вступает в противоречие лишь с когнитивной структурой. Если же метод оказывается настолько эффективным, что его применение угрожает пересмотром социальных статусов в науке, возможно проявление открытого сопротивления, приводящего к острому конфликту создателя метода с научным окружением. Метод — ключевой компонент технологии исследований. Всякий работник в той или иной мере идентифицирует себя с определенной технологией. Особенно это заметно у тех, кто создавал данную технологию или достиг особого мастерства в ее использовании. Такие люди часто становятся «стражами» данной технологии, ибо ее замена лишает их некоторой (иногда существенной) доли престижа. Так получается, что попытки внедрения новой технологии нередко наталкиваются на сопротивление людей, которые в прошлом зарекомендовали себя именно как новаторы в этой области. Это сопротивление, обусловленное в значительной степени причинами социального характера.

Особенно острые формы может принять такой конфликт в случае, если внедрение нового метода заставляет пересмотреть и важные факты и этот пересмотр чреват угрозой социальному статусу авторитетных членов сообщества. Ярким примером является то, как было принято в середине прошлого века медицинским сообществом предложенное И. Земмельвейсом нововведение в родильных домах — мыть руки врачу не после приема родов, как было принято, а до операции. Принять это означало для врачей косвенно признать, что они буквально «своими руками» заражали пациенток. И медицинское сообщество отвергло Земмельвейса. Конечно, в этом конфликте был силен и когнитивный компонент, но главными были причины социального порядка. Присутствовали и сильные психологические мотивы. Земмельвейс выступил открыто и с большой страстью, не слишком заботясь о самолюбии медицинских авторитетов. И не нашлось умудренного опытом «защитника нововведения», который изменил бы динамику конфликта, перевел его в конструктивную плоскость, предостерег бы молодого врача от ненужных крайностей, воздействуя в то же время на среду через неформальные каналы. Конфликт обострялся, и судьба Земмельвейса была трагической [7].

В истории восприятия первого открытия антисептики хорошо видно взаимодействие трех основных мотивов сопротивления нововведению — когнитивного, социального и психологического. Рассмотрим под этим углом зрения историю восприятия одного из великих открытий XX в. — открытия хроматографии Миханлом Семеновичем Цветом.

Хроматографический метод и его восприятие научным сообществом

К началу XX в. химия достигла такого уровня зрелости, что стало возможным приступить к освоению объектов нового уровня сложности. Такие объекты органическая химия всегда черпала среди природных соединений. Природные соединения присутствуют в виде смесей сложного состава, часто в очень малых количествах. Многие из них неустойчивы и не выдерживают жестких приемов обработки, образуя артефакты. Все это объективно требовало изменения идеалов и норм химического исследования, толкало химика в непривычный для него мир микроколичеств, мягких воздействий на вещество. Назревала смена «методологической парадигмы» химии — и не только химии, но и всех областей науки, изучающих вещество на молекулярном и близком к молекулярному уровнях.

Выразителем этой тенденции и в то же время мощным инструментом ее реализации стал созданный в 1903 г. метод хроматографии. Хроматография позволяет разделять сложные смеси близких по свойствам веществ и выделять индивидуальные вещества в чистом состоянии для их последующего анализа и исследования. Суть метода сводится к тому, что подвергаемая разделению смесь, растворенная в подвижной фазе, продвигается вдоль неподвижной фазы, содержащей вещества, с которыми компоненты смеси вступают во взаимодействие. Поскольку цикл взаимодействия вновь повторяется на каждом микроскопическом участке неподвижной фазы, тончайшие различия свойств компонентов смеси многократно усиливаются и делают различной скорость

движения каждого компонента вдоль неподвижной фазы (например, в колонке). Компоненты разделяются.

Сейчас инструментальное значение хроматографии очевидно. Достаточно сказать, что в 1980 г. в мировом массиве статей по органической химии каждые 100 статей отражали в среднем 70 случаев использования какого-либо вида хроматографии (а в биохимии примерно вдвое больше!). Но концептуальное значение хроматографии для развития естествознания не исчерпывается функциональной полезностью этого метода, отраженной в масштабах его применения. Метод нес в себе мощный мировоззренческий заряд, именно, как сказал П. Каррер, расширяя горизонты исследования. Создание двух методов — хроматографии Цвета и микроанализа Ф. Прегля (Нобелевская премия 1923 г.) определило, по мнению президента Лондонского Королевского общества А. Тодда, начало нового периода в развитии органической химии и смежных дисциплин [8]. В хроматографии впервые нашли методическое воплощение, причем в ясной и чувственно воспринимаемой форме, те новые идеалы естествознания, к которым мы привыкли не так уже давно — стремление увидеть объект в его целостности, получить представление о множественности родственных или взаимодополняющих форм, уважение к минорным компонентам, которые раньше просто ускользали от нашего внимания.

Хроматография была открыта не химиком, а ботаником (обстоятельство, которое психологически усиливало позиции противников метода). Этот факт отмечают иногда с оттенком удивления. Между тем знакомство с первыми работами Цвета по созданию метода показывает, что в когнитивном плане опыт работы с растительными объектами и знание их структуры создавали для рождения идеи хроматографии гораздо более благоприятные возможности, чем привычка химика работать с чистыми веществами. Исходным фактом для Цвета послужила адсорбция хлорофилла на твердом субстрате растертых листьев при его экстракции растворителями². Замена этого субстрата на простую бумагу показала, что дело не в специфическом средстве («Окрашенная хлорофиллом бумага относится к растворителям точь-в-точь как первоначальный зеленый лист» [9, с. 13]).

Научные интересы Цвета обусловили и счастливый выбор объекта исследований — растительные пигменты (прежде всего хлорофилл). Именно они стали в то время эталонным объектом, на котором проходили проверку познавательные возможности органической химии. Изучением хлорофилла занялась лаборатория виднейшего химика Рихарда Вильштеттера. Поэтому работа Цвета оказалась не на периферии, а в самом центре внимания виднейших химиков.

В чем же заключается научное достижение Цвета? Проведя оригинальное и в то же время в высшей степени логичное исследование, Цвет показал, что, используя адсорбцию на твердых веществах, можно быстро и в мягких условиях разделять очень близкие по своей природе вещества. Он разделил на большое число компонентов вещества, которые считались в то время индивидуальными соединениями.

Для рационального объяснения всех феноменов хроматографического процесса тогда не было достаточных теоретических предпосылок. Читая сейчас труды Цвета, мы можем предположить, что он, опираясь на богатый опытный материал и интуицию, почти чувственно представлял себе этот процесс — настолько верными и общими представляются его формулировки и замечания. Много лет спустя Л. Цехмейстер писал: «Обладая творческим воображением, Цвет 40 лет назад создал поразительно ясное представление о тех основных процессах, на которых основана современная хроматография» [10].

Хотя Цвет использовал для разделения лишь один из возможных типов взаимодействия — адсорбцию — и применил хроматографию лишь к растительным пигментам, он создал не частную методику, а именно целостный метод³. Именно поэтому

² Удивительно, что почти буквально эта история повторилась спустя почти 70 лет. Изучая процесс сорбции гормона инсулина на поверхности клетки, содержащей его рецепторы, П. Куатрекасас увидел в этом прообраз аффинной хроматографии.

³ Создатели высокоточной ионообменной хроматографии, лауреаты Нобелевской премии С. Мур и В. Стейн подчеркивали: «Каков бы ни был механизм, распределение или адсорбция, основная концепция Цвета остается сердцем процесса. Мультипарелочная природа системы колонка — элюент обеспечивает методу ту потенциальную эффективность разделения, которую он оценил качественно и количественно» [1, с. 306].

данное им методу название стало без всяких дискуссий применяться для обозначения большого семейства весьма разных по механизму методов.

Создать целостный метод — это значит, во-первых, разработать его концептуальную основу, дающую ориентиры для развития метода и приложимые к новым объектам. Во-вторых, это значит найти эффективные и воспроизводимые процедуры и технические средства для их широкого использования. Наконец, необходимо показать эффективность метода в решении крупных и актуальных научных задач. Все это было сделано Цветом. В экспериментальной части он достиг феноменального мастерства. Проведенные недавно расчеты эффективности разделения, достигнутой Цветом, показывают, что его колонки по качеству сравнимы с современными [11]. Цвет был искусным и увлеченным экспериментатором, но многие его принципиальные методические находки были бы вряд ли возможны без той концептуальной ясности, с которой он планировал эксперименты. Этим его труд кардинально отличается от других, более ранних попыток использовать адсорбцию для разделения веществ⁴.

Тем не менее несмотря на все это, восприятие хроматографии научным сообществом — одна из драматических страниц истории науки. У себя на родине, в России, Цвет получил поддержку ряда видных ученых, а его главный труд — книга «Хроматофиллы в растительном и животном мире» — был в 1911 г. удостоен Большой премии А. Н. Ахматова, присуждаемой Академией наук. Однако основные центры, где изучались природные пигменты, находились в Западной Европе. Именно оценка западноевропейских ученых, прежде всего Вильштеттера, должна была определить отношение химиков к результатам Цвета и методу, при помощи которого они были получены. Эта оценка была в лучшем случае скептической, а чаще — отрицательной.

Подборку высказываний химиков о хроматографии можно найти в [1, 13]. Мы здесь остановимся лишь на замечаниях Вильштеттера. Впрочем, более красноречивым, чем слова, является тот факт, что в главе о пигментах зеленого листа, написанной Вильштеттером для вышедшего в 1924 г. фундаментального труда Аберхальдена — энциклопедического руководства об экспериментальных методах в биологии, хроматографический метод вообще не упомянут. А в своей главной книге о хлорофилле (1913 г.) Вильштеттер лишь мельком говорит о работах Цвета, которые тот вел «странным, необычным способом» (см. [13]).

В замечаниях Вильштеттера обращает на себя внимание одна существенная деталь: говоря о методе «ботаника Цвета» (или «уважаемого ботаника»), Вильштеттер каждый раз подчеркивал, что этот метод не годится для препаративной работы, для получения вещества в больших количествах, то есть, не обсуждая возможности метода, продемонстрированные автором, переносит внимание на ограничения, которые отнюдь не вытекают из концепции метода (хроматография широко используется не только для препаративной работы в лаборатории, но и в промышленном производстве). Но главное в том, что в поисках аргументов против хроматографии Вильштеттер апеллирует не к новым, нарождающимся идеалам химии, а к тем старым, привычным взглядам, которые находились в «эпипентре» зреющего когнитивного кризиса. Ведь именно необходимость работать с большими количествами веществ, вызванная слабостью исчерпавшей свои возможности методологии, стала одним из главных препятствий в расширении познавательных возможностей химии⁵. Вильштеттер мог бы сказать: «хро-

⁴ Например, немецкий ученый Ф. Гоппельсрелдер в течение 40 лет разрабатывал так называемый капиллярный анализ, который в техническом отношении мог бы считаться прообразом будущей хроматографии на бумаге. Но, не развив саму концепцию, он остановился на весьма неэффективном способе взаимодействия неподвижной и подвижной фаз. Результатом стала частная методика с узкой областью применения [12]. Это не значит, однако, что работы Гоппельсрелдера не сыграли позитивной роли (хотя бы тем, что ряд важных положений Цвет сформулировал, анализируя причины неудач «капиллярного анализа»).

⁵ Именно возможность перейти к работе с микроколичествами вещества, открывающая путь к исследованию труднодоступных соединений, является одним из наиболее очевидных достоинств хроматографии. Один из создателей распределительной хроматографии, лауреат Нобелевской премии А. Мартин отмечал: «Когда мы начинали работу, принятие методы анализа аминокислот требовали полкилограмма белка и примерно шести месяцев работы... Для анализа на колонке с силикагелем требовалось несколько миллиграммов, а для хроматограммы на бумаге — нескольких микрограммов белка. Сейчас газовые хроматографы с современными детекторами могут

матография *освобождает* нас от необходимости работать с большими количествами». Но он сказал: «она не позволяет нам продолжать работать с большими количествами». Яркий пример того, как уже ощущаемая ущербность когнитивной структуры используется в социально-психологическом плане в качестве вымела для сплочения научного сообщества путем апелляции к отживающим привычкам.

Парадоксально то, что Вильштеттер, взявшись за исключительно трудный для тогдашней химии объект, сам строил новую химию — и отказался от метода, который помог бы ему сделать огромный рывок вперед. При этом он неизбежно отказывался и от результатов, к которым все равно пришел, но гораздо позже и ценой огромных усилий. Как пишет Т. Робинсон, «скрупулезная работа Вильштеттера с усердным применением стандартных процедур к килограммовым количествам хлорофилла в конце концов убедила всех в том, что Цвет был все время прав. Вернее, все признали Вильштеттера как основателя химии хлорофилла, приняли номенклатуру Вильштеттера и забыли, что Цвет говорил то же самое много лет назад — говорил это даже тогда, когда Вильштеттер доказывал обратное» [1, с. 489]. Но здесь мы уже подходим к обсуждению причин, по которым научное сообщество оказало сопротивление фундаментальному методическому нововведению.

Восприятие хроматографии: мотивы сопротивления

В аналитических целях мы расчленим весь комплекс причин, по которым отвергалась хроматография, на когнитивные, социальные и психологические, помня, однако, об их взаимном усилении при синергическом взаимодействии.

Рассуждая логически, когнитивные трудности восприятия нового экспериментального метода можно объяснить двумя причинами: во-первых, если метод намного «обогнал» свое время, так что в нем нет потребности и его трудно связать с задачами, актуальными в данный момент; во-вторых, если метод основан на сложной теории, которой не владеют члены данного научного сообщества. Действовали ли эти причины в случае хроматографии? По-видимому, в очень малой степени. Если Цвет и оказался впереди сообщества химиков-органиков своего времени, он не оторвался от него, ибо те задачи, которые он решал при помощи хроматографии, были актуальны уже в то время. Об этом говорит сам факт его дискуссии с ведущими химиками относительно *результатов*, а не метода. Сам Цвет прекрасно видел исчерпание ресурсов старых методов по отношению к новым объектам⁶.

Восприятие хроматографии не требовало и освоения новой для химиков сложной теории — феномен разделения объяснялся общеизвестными явлениями адсорбции. Таким образом, сопротивление методу было не логически обусловленным, а вызванным стремлением сохранить старую когнитивную структуру от радикального трансформирующего воздействия.

Весь ход дискуссии показывает, однако, что дело не только в методе. Для когнитивной структуры химии того времени опасность представлял именно единый комплекс метода с полученными с его помощью новыми результатами. Этот комплекс представлял уже определенную исследовательскую программу, которая вступала в конфликт с существующим когнитивным строем и взламывала его. По словам Т. Робинсона, «химики не желали наблюдать, как их заветные концепции рушатся под действием данных, которые не были получены общепринятыми химическими методами» [1, с. 489]. Цвет аргументировал эффективность хроматографии получением новых результатов, которые было невозможно согласовать с общепринятыми данными. Это ставило под угрозу статус прежних работ и их авторов. Новые данные касались прежде всего кри-

работать с наногаммовыми количествами, а новые селективные детекторы позволяют даже обнаруживать пикограммовые количества. Таким образом, за 35 лет необходимое количество образца уменьшилось в 10^{12} раз» [1, с. 295—296].

⁶ «К сожалению, методика является нередко самой слабой стороной научных исследований. Каждое поколение в своей главной массе ученически наследует приемы предыдущего и... довольствуясь тем, что они «общеприняты», применяет их для добытия новых результатов, которые получают права гражданства у современников, впоследствии же нередко теряют всякое значение» [9, с. 65—66].

тернев индивидуальности и неизменности изучаемых пигментов, на которых базировались сами исходные понятия. Разделив зеленый хлорофилл на большое число пигментов разного цвета (в сумме дававших зеленую окраску), Цвет был вынужден называть его «мнимым зеленым веществом, существующим только в воображении многих ученых» [9, с. 64], «мифическим «чистым хлорофиллом» или «легендарным зеленым «хлорофиллом» [9, с. 160].

Таким образом, Цвет ставил под сомнение всю исследовательскую программу временного ему изучения хлорофилла, идеологами и исполнителями которой были виднейшие химики того времени. Он пишет: «Не имея в руках мифического „хлорофилла“ и отчаяваясь в получении его в чистом, неизменном виде, большинство исследователей довольствовалось исследованием более доступных приготовлению дериватов его, из природы которых делались заключения о природе исходного естественного пигмента ... Очевидно, что „химия хлорофилла“, точнее — химия хлорофиллинов, до тех пор не будет в состоянии достичь положительных, достоверных результатов, пока, увлекаясь незамысловатой работой приготовления, описания и элементарного анализа всевозможных сомнительного происхождения и однородности дериватов, она не приступит к более трудному и хлопотливому, но вполне возможному обследованию естественных пигментов» [9, с. 182—183].

Видный специалист по хроматографии и историк хроматографии Л. Эттре прямо указывает на социальные причины оппозиции методу: «Цвет демонстрировал результаты, которые, будь они признаны правильными, означали бы, что наиболее видные западные ученые его времени имели неверные представления о природных пигментах. Более того, он не ограничивался тем, что просто публиковал свои результаты — он открыто называл своих оппонентов, выявлял ошибки в их работе и оспаривал их результаты. Говоря попросту, Цвет „наступал на любимые мозоли“ многим важным химикам западного научного „истаблишмента“ [1, с. 488].

Уже в 1901 г. Цвет поставил под сомнение результаты Вильштеттера, показав, что так называемый кристаллизуемый хлорофилл является артефактом, в то время как сам Вильштеттер вплоть до 1908 г. считал, что это индивидуальный нативный пигмент. Он признал свою ошибку лишь в 1912 г. и пришел к результатам, которые были получены Цветом на много лет раньше. Эттре считает «иронией истории» тот факт, что в 1915 г. Вильштеттер был удостоен Нобелевской премии за его работу по хлорофиллу.

Таким образом, можно предположить, что именно результаты Цвета вызывали основное беспокойство авторитетных химиков, а его дискредитация была прежде всего средством для защиты своих позиций. В случаях, когда социальные факторы тесно переплетаются с когнитивными, вряд ли правомерно подозрение в том, что это средство применялось сознательно. Для историка, видимо, предпочтительнее исходить из презумпции искренности обеих сторон, если нет фактических данных, говорящих об обратном. Нелишне, однако, упомянуть, что, отрицая хроматографию, Вильштеттер тем не менее сразу же заказал себе частным образом перевод изданной в 1910 г. на русском языке книги Цвета, а впоследствии передал этот перевод своему ученику Р. Куну.

Несомненно, что в конфликте с Цветом сыграли роль и психологические моменты. Их иногда даже выдвигают на первый план. Конечно, поведение новатора, его умение смягчить неизбежный удар по самолюбию коллег играет огромную роль в восприятии нововведения. Не менее важны и социокультурные характеристики сообщества, его способность верно интерпретировать психологические нюансы сообщений автора нововведения.

Насколько нам известно из биографии Цвета [14], он был деликатным и тонким человеком, чуждым заносчивости и агрессивности. Еще больше говорят о нем его труды. Их стиль, быть может, недостаточно сух и академичен, но в них нет и тени стремления «наступить на мозоль» оппоненту из полемического задора, нет и следа уязвленного самолюбия, — Цвет был уверен в познавательных возможностях своего метода и имел все основания гордиться своим мастерством экспериментатора. Авторам, с которыми дискутировал Цвет, не было никакой необходимости чувствовать себя психологически уязвленными. Если это случилось, то лишь потому, что критические замечания «уважаемого ботаника» гипертрофировались в восприятии его оппонентов в результате действия тех когнитивных и социальных факторов, о которых говорилось выше.

Концепция «второго рождения» хроматографии в свете современных представлений

Исторический анализ восприятия хроматографического метода был бы неполным без рассмотрения последующей динамики распространения нововведения. Такая динамика описывается обычно S-образной кривой с ярко выраженным индукционным периодом, так как первая фаза распространения относится к обширному семейству автокаталитических процессов. Ведь многие из тех исследователей, которые освоили новый метод, становятся пропагандистами и посредниками дальнейшего распространения [4]. Динамика распространения новых методов нередко имеет весьма длительный индукционный период, конец которого сопровождается ярко выраженным пороговым эффектом. Это особенно хорошо видно на примере методов, для широкого распространения которых необходимо существенное изменение когнитивной структуры сообщества его потенциальных потребителей.

История хроматографии красноречиво подтверждает этот тезис потому, что новые поколения этого метода периодически создаются вот уже в течение более 80 лет и мы можем сравнить динамику освоения довольно большого числа генетически связанных методов. Наиболее глубокие когнитивные сдвиги требовались для восприятия первой разновидности хроматографии — адсорбционной. И, несмотря на ее теоретическую и экспериментальную доступность, индукционный период в ее распространении продолжался более 25 лет — до 1931 г. Четыре года составил индукционный период в распространении распределительной хроматографии на бумаге, созданной в 1944 г. [3], и лишь два года — для технически и концептуально гораздо более сложной аффинной хроматографии, разработанной в 1967—1968 гг. Наконец, феноменально быстрым было распространение весьма сложной современной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). О динамике ее освоения говорит тот факт, что всего за два года (с 1975 по 1977) доля статей в «*Journal of Organic Chemistry*», отражающих использование ВЭЖХ, возросла с 6 до 40%, достигнув насыщения.

Таким образом, в свете этих сравнений представляется, что экспоненциальный рост числа работ с применением хроматографии, который начался в 30-х годах, знаменовал окончание хотя и длительного, но вполне естественного для такого оригинального метода индукционного периода. Между тем в общественном мнении и в части литературы укоренилось стереотипное мнение, будто хроматография была забыта после смерти Цвета и «вторично открыта» в 1931 г. в Гейдельберге Р. Куном, А. Винтерштайном и Е. Ледерером (такие термины, как «вторичное открытие», «повторное изобретение», «второе рождение», употребляют, например, А. Тодд [8] и Л. Эттре и С. Хорват [13]).

Насколько правомерны эти выражения и стоящие за ними представления? Что такое «забытый» и «вновь открытый» метод? Нам представляется, что метод можно считать «забытым», если в период между его «двумя рождениями» не было литературы, в которой он описывался и цитировался. Метод можно считать «повторно открытым», если его «новооткрыватели» не были знакомы с первыми работами и не испытывали на себе их влияния. В случае хроматографии дело обстоит совершенно по-иному.

Хроматография не была забыта. Хорошо известны работы европейских исследователей, начавших применять хроматографию еще при жизни Цвета, крупные монографии и руководства, в которых давалось упоминание о методе и полученных Цветом результатах [14, с. 202—205]. Таким образом, химики имели постоянное напоминание о существовании хроматографического метода и могли им воспользоваться. «Забытым» этот метод нельзя было считать ни в какой момент. Поэтому известную работу Р. Куна с сотрудниками (1931 г.) нельзя считать «повторным открытием» хроматографии. Это конец индукционного периода в ее распространении. Один из авторов этой работы, Е. Ледерер, вспоминает: «Однажды Кун высказал предположение, что лютеин яичного желтка может быть смесью ксантофиллов листьев с зеаксантином; эту гипотезу надо было проверить, но как? К счастью, я читал книгу Палмера „Каротиноиды и родственные пигменты“, где освещался метод Цвета... Рихард Вильштеттер имел немецкий перевод книги Цвета и дал его Куну, своему любимому ученику. Так что, когда я

спросил Куна о работах Цвета, он дал мне этот перевод, и я смог детально ознакомиться с методом Цвета» [1, с. 241].

Ледерер с успехом использовал хроматографию, разделив 30 мг лютеина, после чего метод стал широко использоваться — в лаборатории Куна в Гейдельберге, в Цюрихе (П. Каррер) и в Пече (Л. Цехмейстер). Разумеется, несомненна важность вклада Е. Ледерера в развитие и распространение метода. Но можно ли считать это открытием, хотя бы и «новым»? Нам представляется, что это нормальный этап в общем механизме распространения научных методов.

Заключение

Что показывает история восприятия хроматографического метода научным сообществом химиков? Прежде всего, что создание и распространение нового экспериментального метода представляет собой разновидность научно-технического нововведения, осуществляемого в специфической среде, — научных исследованиях. Как и любое научно-техническое нововведение, оно связано с преодолением более или менее сильного сопротивления среды.

История этого конкретного нововведения заставляет уточнить распространенные в социологии науки представления, согласно которым научная среда оказывает сильное сопротивление лишь новым теориям, а метод легко вторгается в когнитивную структуру и ассимилируется ею. Видимо, дело не в функциональных различиях новых когнитивных элементов, а в том, насколько велико трансформирующее воздействие данного нового элемента на старую когнитивную структуру.

С другой стороны, для изучения истории конкретных изменений в науке многое могут дать современные представления о структуре инновационного процесса. Так, в случае истории хроматографии нам приходится пересмотреть стереотипное мнение о том, что она была забыта и повторно открыта, если мы учитываем наличие в каждом нововведении необходимого латентного индукционного периода. Этот период сокращается при освоении последующих модификаций метода, даже гораздо более сложных технически, но более привычных в когнитивном плане.

История крупных нововведений в науке, подобных созданию хроматографии, дает важный материал для рефлексии современных ученых на развитие собственных исследовательских областей. Мотивы, побуждающие ученого сопротивляться нововведениям в его области, могут вступать в синергическое взаимодействие и придавать этому сопротивлению силу, далеко выходящую за рациональные рамки. Знание структуры этих мотивов, препарированной благодаря историческому анализу, позволяет рефлексирующему ученому нейтрализовать указанный синергизм и принимать более адекватные решения.

Литература

1. 75 years of chromatography — a historical dialogue — Amsterdam: Elsevier, 1979. 502 p.
2. Кара-Мурза С. Г. Развитие исследовательских методов как объект истории науки. — *Вопр. истории естествознания и техники*, 1983, № 1, с. 24 — 36.
3. Kara-Murza S. G. Dynamics of dissemination in the case of affinity chromatography. — *J. Chromat.*, 1981, v. 220, № 2, p. 85—94.
4. Kara-Murza S. G. Problems in studying the diffusion of technological innovations in science. — *Science of Science*, 1981, v. 2, № 2, p. 117—140.
5. Научное открытие и его восприятие. М.: Наука, 1971. 310 с.
6. Сторер Н. Отношения между научными дисциплинами. — В кн.: *Научная деятельность: структура и институты*. М.: Прогресс, 1980, с. 56—106.
7. Саллямон Л. С. О некоторых факторах, определяющих восприятие нового слова в науке. — В кн.: *Научное открытие и его восприятие*, с. 95—114.
8. Todd A. Химик-органик размышляет о своей науке. — *Вестн. АН СССР*, 1980, № 2, с. 7—14.
9. Цвет М. С. Химия хлорофилла и хроматографический адсорбционный анализ. М.: Изд-во АН СССР, 1946. 271 с.
10. Цехмейстер Л. История, области применения и методы хроматографии. — В сб.: *Хроматография*. М.: Изд-во иностр. лит., 1949.
11. Сакодынский К. И. Аналитическая газовая и жидкостная хроматография. — *ЖВХО им. Д. И. Менделеева*, 1980, т. 25, № 6, с. 626—636.

12. Kurzer F. An early application of paper chromatography.—J. Chem. Educ., 1978, v. 55, № 5, p. 321—322.
13. Ettre L. S., Horvath C. Foundations of modern liquid chromatography.—Analyt. Chem., 1975, v. 47, № 4, p. 422—444.
14. Сенченкова Е. М. Михаил Семенович Цвет. М.: Наука, 1973. 307 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ЗНАЧЕНИЕ РАДИОТЕЛЕФОТА Б. П. ГРАБОВСКОГО В ИСТОРИИ ТЕЛЕВИДЕНИЯ *

А. И. БАРАНЦЕВ (Москва), В. А. УРВАЛОВ (Ленинград)

Радиотелефот — первая в мире практически осуществленная полностью электронная система телевидения — предложена Б. П. Грабовским, В. И. Поповым и Н. Г. Пискуновым в 1925 г. [1]. Впоследствии их пионерская работа, к сожалению, была несправедливо забыта. Это объясняется тем, что исследования Б. П. Грабовского и его соавторов совпали по времени с периодом увлечения оптико-механическими системами, а в дальнейшем затерялись на фоне работ по электронным высококачественным системам, блестяще осуществленных в конце 30-х годов в США, СССР и других странах.

Пристальное внимание научно-технической общественности радиотелефот Б. П. Грабовского вторично привлек в 60-е годы в связи с празднованием 25-летия телевизионного вещания в СССР. Сначала даже сам факт изобретения и успешной демонстрации радиотелефота подвергался сомнению, и развеять его удалось только после энергичных поисков архивных документов, позволивших уточнить подробности создания электронной телевизионной системы. Это отодвинуло обсуждение технической сущности радиотелефота на второй план. Теперь, когда конец полемики положен решениями авторитетных организаций (Академия наук СССР, Международный союз прессы по радиотехнике и электронике, Комиссия ЮНЕСКО по вопросам науки, образования и культуры, организация интервидения, ряд министерств и ведомств СССР), наступило время рассмотреть проект радиотелефота с технической стороны и дать оценку вклада Б. П. Грабовского и его помощников в развитие телевидения.

1. Состояние техники телевидения к концу 1925 г.

История телевидения, как и многих других областей науки и техники, отмечена периодами острых противоречий между отдельными направлениями. С середины XIX в. известно, что изображение невозможно передать по каналам связи иначе, как в очередности составляющих его элементов — точка за точкой, строка за строкой. Хронологически первыми были изобретены устройства оптико-механической развертки изображения на элементы при помощи механизмов вращения или качания, а затем появились устройства, основанные на применении электронно-лучевых трубок.

В СССР действующие телевизионные установки, работающие по механическому принципу, создали М. А. Бонч-Бруевич (1921—1922 гг.) [2], В. А. Гуров (1924 г.) [2], Л. С. Термен (1925 г.) [3], А. А. Чернышев и Я. Р. Шмидт-Чернышева (1925 г.) [4], И. А. Адамян (1922—1925 гг.) [5], С. Н. Какурин (1925 г.) [6]. Эти установки широко демонстрировались и вызвали большой интерес.

С 1924 г. в Ленинградской экспериментальной электротехнической лаборатории ВСНХ возобновил исследования создатель электронного телевидения Б. Л. Розинг [7]. Незадолго до этого вышла его брошюра «Электрическая телескопия», в которой он указывал на бесперспективность оптико-механического телевидения ввиду инерционности «материальных механизмов» [8].

Допуская как временную меру применение в передатчике оптико-механической развертки, ученый сосредоточил свои усилия на совершенствовании телевизионного при-

* Статья подготовлена на основе текста доклада, сделанного авторами на XXXVI научно-технической конференции по узловым проблемам радиотехники, электроники и связи.

емника с изобретенной им в 1907 г. электронно-лучевой трубкой, хотя считал такую телевизионную систему смешанного типа «промежуточным решением вопроса» и полагал, что задачу вполне можно решить, лишь применяя электронные трубки как для передачи, так и для приема изображений.

Вопрос о передающей телевизионной трубке еще только ставился на повестку дня. После того как в 1911 г. англичанин А. А. К. Суинтон сформулировал в общем виде принцип такой трубки [9], прошло 10 лет, прежде чем у него появился первый последователь. Им оказался Э. Г. Шульц, получивший патент во Франции на систему с передающей трубкой и спиральной разверткой. До ноября 1925 г. изобретатели в разных странах выдвинули еще шесть проектов трубок, но не довели их до практического осуществления. Известно, что Суинтон безрезультатно пытался заинтересовать крупные фирмы своей идеей и сам воплотить до 1926 г. экспериментировал с мозаичным фотоэлементом из кубиков рубидия, однако успеха не добился [10].

Опубликован же был к 1925 г. только патент Э. Г. Шульца [11]. Остальные шесть проектов еще рассматривались патентными ведомствами. За рубежом в эти годы завоевали популярность механические системы телевидения Дж. Бэрда (Англия), Д. Михали (Германия), Ч. Дженкинса (США). Таким образом, в мире еще не было создано действующей передающей телевизионной трубки к тому времени, когда Б. П. Грабовский, В. И. Попов и Н. Г. Пискунов 8 ноября 1925 г. приехали в Ленинград. Они зарегистрировали свой проект в Комитете по делам изобретений (находившемся тогда в Ленинграде) и передали его на экспертизу Б. Л. Розингу, А. А. Чернышеву и В. Р. Бурсиану. Получив одобрение ученых, изобретатели заключили с Трестом заводов слабого тока договор на изготовление действующего макета полностью электронной телевизионной установки. К удивлению, отведенный изобретателям по договору срок был поразительно мал — всего 3 месяца [12].

2. Техническое содержание радиотелефота

По условиям договора Б. П. Грабовский и Н. Г. Пискунов были приняты на содержание Электровакuumного завода для наблюдения за работой, а В. И. Попов вернулся в Саратов. 22 ноября он опубликовал статью в саратовских «Известиях» [13], в которой кратко описал начальный этап работы по созданию телевизионного устройства. Как следует из статьи, их совместные опыты начались после приезда Б. П. Грабовского из Ташкента в июле 1925 г. в лаборатории Саратовского индустриального техникума. Целью опытов было «получение необходимого эффекта по управлению катодными лучами». На долю В. И. Попова выпала задача разработки конструкции приборов для реализации идеи изобретения, «принадлежащей, несомненно, Грабовскому». Н. Г. Пискунов взял на себя расчеты, «так как отсутствие времени, с одной стороны, и спешность работы — с другой, требовали разделения труда». В заключение статьи подчеркивалось, что «ни сама идея, ни конструктивная сторона приборов не имеют никаких замечаний со стороны лиц, экспертирующих изобретение».

В патентной заявке Б. П. Грабовского и его соавторов впервые было дано подробное описание всего комплекса электронной системы телевидения. Кроме передающей и приемной электронно-лучевых трубок заявители предусмотрели усилители сигналов на электронных лампах, генераторы развертывающих напряжений, устройство синхронизации, основанное на делителях частоты, напоминающее по принципу действия современные аналогичные устройства. В приемную трубку вводилась управляющая сетка, благодаря чему она выгодно отличалась от трубки Розинга [14]. Однако центральным пунктом изобретения служила передающая трубка, впервые предложенная в нашей стране. Отдельными узлами этой трубки были: сплошной фотокатод из легких металлов, обладающих фотоэффектом; термокатод, формирующий электронный луч; электростатическая система отклонения (развертки) электронного луча в двух взаимно перпендикулярных направлениях и электромагнитная система фокусировки. Изобретатели предложили следующий механизм ее работы. Фотокатод излучает электроны под действием спроектированного на него светового изображения. Эти электроны притягиваются сеткой, расположенной в непосредственной близости к фотокатоду. В то же время электронный развертывающий луч с термокатада проходит через сетку по инерции и ударяет в фотокатод, встречая на нем противоположно направленные электроны,