

УДК 543.544.14(091)

ИСТОРИЯ ВОЗРОЖДЕНИЯ ХРОМАТОГРАФИИ. РАБОТЫ ЛАЗЛО ЦЕХМЕЙСТЕРА И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ХРОМАТОГРАФИИ

© 2021 г. Е. В. Рыбакова*

^aМПО “Абакус”

Гостиничный проезд, 4б, Москва, 127106 Россия

*e-mail: rybakova_elena@list.ru

Поступила в редакцию 12.12.2020 г.

После доработки 18.01.2021 г.

Принята к публикации 18.01.2021 г.

Представлена история возрождения хроматографии исследователями растительных пигментов, “выходцами из школы Вильштеттера” – Р. Куном, Э. Ледерером, П. Каррером в 1930 г. Отражены малоизвестные факты биографий ученых и научные работы этого периода. Представлена биография одного из пионеров хроматографии – Лазло Цехмейстера и его роль в популяризации метода в среде химиков, а также вклад в утверждении приоритета М.С. Цвета в открытии метода. Проанализированы научные работы Л. Цехмейстера за период 1920–1940 гг. с историко-научной точки зрения.

Ключевые слова: история хроматографии, биография Лазло Цехмейстера.

DOI: 10.31857/S004445022106013X

Лесли Эттре¹ утверждал, обращаясь к коллегам: “...все мы, кто работает в этой области [хроматография], обязаны гению пионеров этой технологии” [1].

Заслуги многих первых хроматографистов известны широкому кругу современных специалистов, однако роль Лазло Цехмейстера² (рис. 1) в истории хроматографии и его научные работы мало отражены в литературе. Цехмейстер в 1930–1940 гг. выступил основным популяризатором хроматографического метода М.С. Цвета, однако каким образом и когда Цехмейстер заинтересо-

вался хроматографией неизвестно, и расследование этого вопроса представляется нам важным для раскрытия истоков хроматографии.

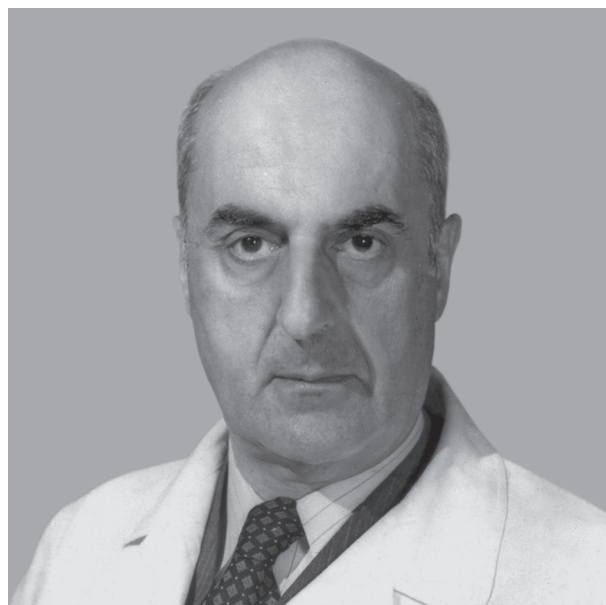


Рис. 1. Лазло Цехмейстер (венг. László Zechmeister 14.05.1889–28.02.1972) – венгерский химик, один из выдающихся основоположников и популяризаторов метода хроматографии (фото заимствовано из книги [5]).

¹ Лесли Эттре (Leslie Stephen Ettre, 16.09.1922–01.06.2010) – венгерский и американский химик-аналитик, известен как хроматографист, разработавший, в частности, капиллярную хроматографию (в то время носила название open-tubular gas chromatography), крупнейший историк хроматографии, вел активную общественно-научную деятельность, один из организаторов симпозиума “Advances in Chromatography” в США, чем способствовал развитию Separation Science в США, многолетний редактор журнала “Chromatography”. Эттре – автор около 300 публикаций, 20 книг, редактор и со-редактор 42 книг, в том числе по истории хроматографии, разработчик рекомендаций IUPAC по хроматографической номенклатуре. Награжден многими наградами и медалями, из которых отметим: премию М.С. Цвета от Международного симпозиума “Advances in Chromatography” (1978); юбилейную хроматографическую медаль М.С. Цвета от Научного совета по хроматографии АН СССР (1979); медаль М.С. Цвета от Русского хроматографического общества (1991).

² Лазло Цехмейстер (14.05.1889–28.02.1972) родился в Венгрии, в г. Дьёр (венг. Győr) в семье мэра.

О Цехмейстере написано несколько статей его соотечественником Л. Эттре. Эттре автор некролога [2], также в книге “75 лет хроматографии”, где Эттре – редактор [3], помещена небольшая статья о Цехмейстере. Эттре автор статьи “Цехмейстер – пионер хроматографии” [4]. А в его книге “Главы в эволюции хроматографии” [5] Цехмейстеру посвящен небольшой раздел. Кроме того, имеется брошюра Михаэлы Вирс “Лазло Цехмейстер. Его жизнь и пионерская работа в хроматографии” [6], однако две трети брошюры посвящены анализу серии книг “Прогресс в химии органических натуральных продуктов”, основателем и редактором которой с 1938 по 1969 гг. был Цехмейстер. Брошюра издана в 2013 г. Несмотря на название о начале “хроматографической” истории Цехмейстера в ней написано: “Неясно, когда Цехмейстер обратился к хроматографии как методу исследований состава растений”. О первых работах в хроматографии биограф пишет, ссылаясь только на публикации Эттре. Брошюра не содержит ни одной фотографии Цехмейстера.

Нам представляется, что интерес к хроматографии у Цехмейстера возник благодаря или вопреки его учителю и “злому гению” хроматографии – Рихарду Вильштеттеру. Как пишет биограф М.С. Цвета Е.М. Сенченкова: “Расширение сферы применения хроматографии сдерживалось отрицательным отношением к ней известного исследователя хлорофилла и других пигментов Р. Вильштеттера, лично не пользовавшегося хроматографией. Лишь в начале 30-х годов выходцы школы Вильштеттера – Р. Кун, П. Каррер, а также другие исследователи полностью опровергли такую точку зрения” [7].

Обратимся к описанию Эттре эпизода конца 1930 г., когда перед Эдгаром Ледерером³ встала задача определить чистоту различных каротинсодержащих препаратов, выделенных из растений и яичного желтка [8]. Изучив имеющуюся литературу, включая работы Вильштеттера и Каррера, Ледерер обратился за советом к своему научному руководителю – Рихарду Куну. Как пишет Эттре: “В этот момент Кун вспомнил, что много лет назад его учитель Вильштеттер дал ему копию немецкого перевода книги Цвета (опубликованной на русском языке в 1910 г.), сделанного по заказу Вильштеттера сразу после ее опубликования. К счастью, он нашел и дал копию Ледереру для изучения. После ее прочтения Ледерер решил попробовать хроматографический метод для решения его задачи”. Таким образом, очевидно, что, по крайней мере в 1911 г., у Вильштеттера был не-

мецкий перевод книги Цвета “Хлорофиллы в животном и растительном мире” [9], к которому имели доступ его ученики, и он даже отдавал им копии этого перевода, а также переводы других работ Цвета. Первое сообщение о результатах работ под руководством Р. Куна было представлено А. Винтерштайном в Цюрихском химическом обществе 27 января 1931 г. Так состоялось второе рождение хроматографии.

Кун, Винтерштайн и Ледерер пишут в публикации 1931 г., положившей начало возрождения метода: “Первым М. Цвет (ссылка на его диссертацию 1910 г.) путем адсорбционного метода обосновал предположение множества ксантофиллов в зеленых листьях, в отличие от Вильштеттера и Штоля”. Перед экспериментальной частью авторы указывают, что “разложение желтого ксантофилла на компоненты нам удалось благодаря адсорбции ... в колонне с карбонатом кальция по образцу хроматографического анализа М. Цвета”. В сноске указана ссылка на две статьи М.С. Цвета 1906 г., а также на его статью “Экспериментальное и критическое исследование физико-химической структуры хлорофиллового ядра”. С припиской “За любезно предоставленный перевод этого произведения на немецкий мы выражаем господину Вильштеттеру нашу искреннюю благодарность”. В экспериментальной части имеется рисунок “хроматограммы” (рис. 2). Публикация также содержит ссылки на работы Цехмейстера 1929–1930 гг. А в конце ему выражена благодарность “за любезное определение вращательной способности нескольких препаратов лютеина, которое подтвердило наши результаты” [10]. Однако, по мнению Эттре, Кун и Цехмейстер не были связаны друг с другом, хотя и были учениками Вильштеттера, более того, они “яростно соперничали” [4]. Очевидно, что это не совсем так. Судя по данной работе, они явно сотрудничали, просто каждый делал свою часть исследований.

Теперь обратимся к фактам биографии Цехмейстера. Он учился в Цюрихском технологическом институте (ETH) с 1907 по 1911 гг. под научным руководством Вильштеттера. В 1912 г. Вильштеттер переехал в Берлин в Институт Кайзера Вильгельма, взяв с собой Цехмейстера ассистентом. Цехмейстер там получил степень доктора технологии за исследования целлюлозы и лигнина. В диссертации он выражает благодарность своему учителю Вильштеттеру [6]. Далее Вирс пишет, что научная карьера Цехмейстера была прервана Первой мировой войной – его призвали в армию и отправили на фронт, где он попал в русский плен и находился в лагере для военнопленных в Сибири до 1919 г. По данным Эттре в плену с помощью русско-английского словаря Цехмейстер выучил английский язык. Чтобы сделать это, Цехмейстер должен был знать или выучить к тому

³ Эдгар Ледерер (Edgar Lederer, 05.06.1908–19.10.1988) – биохимик, аспирант Р. Куна, один из авторов публикации о применении хроматографии в 1931 г., от которой ведется отсчет возрождения интереса к хроматографии.

моменту русский язык. По нашему мнению, Цехмейстер, будучи доктором наук, скорее всего, был офицером и, следовательно, имел большую свободу занятий, находясь в плену⁴. Вернувшись из России, Цехмейстер едет в первую очередь к Вильштеттеру, который уже работал в Мюнхене. Затем, не найдя работы в Германии, Цехмейстер уезжает домой в Венгрию. Зная русский язык и работая много лет с Вильштеттером, Цехмейстер мог прочесть книгу Цвета и в оригинале. В пользу предположения о знании русского языка свидетельствует факт, что в статьях Цехмейстера 1929–1930 гг. об исследовании растительных пигментов имеется ряд ссылок на публикации на русском языке русского ботаника В.Н. Любименко⁵.

Став в 1923 г. профессором Пештского университета, на протяжении десяти лет Цехмейстер занимался исследованиями растительных пигментов, тесно сотрудничая с Вильштеттером и Мюнхенским Университетом, и не мог не столкнуться с работами и ссылками на работы М.С. Цвета, а даже, более вероятно, с книгой Лероя Палмера⁶ “Каротиноиды и пигменты”, изданной в 1922 г. [13], на которую он позднее часто ссылался. По данным Эттре, исследования Палмера основаны на применении методологии, описанной Цветом в “двух классических статьях 1906 г., он также пользовался результатами, опубликованными Цветом в 1911 г., и ... ему вероятно была известна его книга опубликованная на русском в 1910 г.” [9]⁵

Поль Каррер (Paul Karrer, 1889–1971) – другой известный пионер хроматографии и ровесник Цехмейстера, в тот же 1911 г., как и Цехмейстер, получил степень PhD, окончив Цюрихский университет. А в середине 1920 гг. Каррер начал исследования витамина А и каротиноидов. В его обзорной статье 1929 г. по каротиноидам [14] в самом начале есть ссылка на Цвета, как автора термина “каротиноиды” и метода адсорбционно-

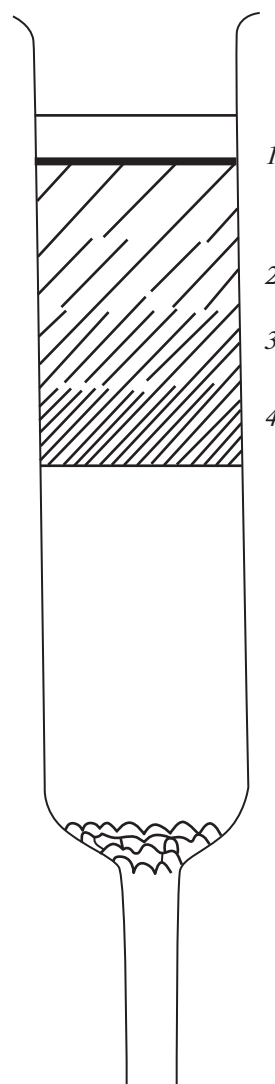


Рис. 2. Хроматограмма разделения искусственной смеси лютеина и зеаксантина из работы Куна, Винтерштайна и Ледерера 1931 г. [10].

⁴ Согласно историческим данным, во время первой мировой войны в русском плену оказались 2104146 солдат и офицеров Австро-Венгрии и 167082 военнослужащих германской армии. В 1914 г. военнопленных немцев, австрийцев, а также венгров размещали, главным образом, в двух сибирских военных округах – Омском и Иркутском. Офицеров содержали отдельно от нижних чинов и, в отличие от последних, не привлекали к обязательному труду. Их приглашали в качестве учителей в частные дома [11]. По другим источникам, свободное время военнопленные офицеры посвящали чтению книг, изучению иностранных языков, занятию спортом [12].

⁵ Владимир Николаевич Любименко (4(16).01.1873–14.09.1937) – русский советский ботаник, специалист в области физиологии растений, член-корреспондент АН (с 1922 г.), АН СССР (с 1925 г.) и действительный член АН УССР (с 1929 г.).

⁶ Лерой Палмер (Leroy Sheldon Palmer, 23.03.1887–?.03.1944) – американский биохимик, один из первых последователей М.С. Цвета, автор книги “Каротиноиды и пигменты” (1922).

го анализа. Статья освещает результаты исследования химического состава, строения и свойств этой группы пигментов со ссылкой на работы Вильштеттера, Цвета, Куна, Цехмейстера. В том числе приводится ссылка на работу Цехмейстера по красителям перца, где косвенно упоминается хроматографический метод (о ней речь пойдет ниже). Говоря об исследованиях каротиноидов в животных тканях, Каррер ссылается на работы Палмера. Первая работа Каррера с использованием хроматографии вышла сразу после публикации Ледерера в 1931 г. О параллельной работе Каррера и Цехмейстера писал Ледерер, вспоминая начало работ в 1931 г.: “Лаборатории Каррера в Цюрихе и Цехмейстера в Пеште (Венгрия) стали наиболее горячими последователями этого мето-



Рис. 3. Лазло Чолноки (венг. László Cholnoky, 1899–1967) — ассистент, соавтор Л. Цехмейстера по монографии 1937–1938 г. и множеству научных публикаций.

да” [15]. Однако данных о сотрудничестве Каррера и Цехмейстера не обнаружено.

Обратимся к предположениям Эттре о начале работ Цехмейстера в хроматографии. Эттре считает, что исследования каротиноидов, которыми Цехмейстер занимался с 1927 г., вовлекли его в хроматографию [3]. Косвенно мы нашли этому подтверждение. В статье Цехмейстера и Чолноки “Исследование красителей перца” 1927 г. [16] читаем: “Н. Kulin (Килин) тестирует каротиноидные красители высших растений с помощью капиллярного аналитического метода в соответствии с F. Goppelsroeder⁷ (Гоппельсрёдер) (сноска). Бумажные полоски опускают в экстракты растений и получающиеся полосы красителей с учетом положения, оттенка, интенсивности и т.д. сравнивают со стандартами. Kulin считает, что предоставил доказательства наличия трех каротиноидов в плодах паприки (капсумин α , β , γ). Процедура, которая сама по себе интересна, безусловно, недостаточна для диагностики растительных пигментов с

⁷ Интересно, что в магистерской диссертации М.С. Цвета “Физико-химическое строение хлорофильного зерна” (1901 г.) в главе о методах анализа хлорофилла в части “диффузионный метод” Цвет упоминает метод качественного “капиллярного анализа” Гоппельсрёдера, ссылаясь на его статью 1889 г. о применении капиллярного анализа к растительным пигментам, и отмечает, что при должной разработке метод, основанный на диффузии веществ, мог бы служить для количественного их разделения.

точки зрения химика, поскольку полностью отсутствуют аналитические и препаративные доказательства”. В сноске указана статья Гоппельсрёдера “Капиллярный анализ” 1901 г.; с пометкой — *сравните с* M. Tswett, *Ver. d.d. bot. Ges.* 24, 392 (1906). Из чего мы делаем вывод, что метод Цвета для авторов был известен как надежный с аналитической и препаративной стороны.

В историческом обзоре “Второе рождение хроматографии” Эттре отмечает, что в главе о каротиноидах, изложенной Цехмейстером в книге 1932 г., посвященной анализу растений [17], имеется описание хроматографического метода для исследования растительных пигментов, из чего Эттре делает вывод, что Цехмейстер уже имел опыт его применения [8]. По мнению Эттре, первая статья „Исследования красителей перца. VII (Адсорбционный анализ пигмента)”, где Цехмейстер использует хроматографию, была опубликована в 1934 г. Однако нами была обнаружена статья Л. Цехмейстера и П. Тузсона 1933 г., где авторы упоминают, что β -каротин был выделен ими хроматографическим методом [18].

По предположению Эттре, “наиболее вероятной причиной, почему Цехмейстер позже Куна и Каррера начал публиковать работы с использованием хроматографии, была нехватка оборудования, необходимого для увеличения данных для полноценной публикации”. Напомним, что “хроматограф Цвета” состоял из стандартной бюретки и колбы Бюхнера, к которой подключали ручной или водоструйный насос, сорбентом в большинстве случаев служил карбонат кальция — таким набором обладала любая лаборатория. Для проведения альтернативных препаративных методов — дробного растворения, осаждения, упаривания и перекристаллизации требовалось гораздо больше “оборудования”. В любом случае все методы очистки препаратов требовали приборов для анализа. Вирс вслед Эттре предполагает, что основная причина — плохая оснащённость лаборатории и отсутствие персонала. В сравнении с возможностями Куна в Гейдельберге и Каррера в Цюрихе, чьи работы хорошо финансировались, лаборатории были хорошо оснащены и имели большой штат сотрудников, Цехмейстер в то же время был вовлечен в организационные проблемы создаваемого университета в Пеште: занимался строительством, оснащением лабораторий и набором персонала при весьма низком уровне финансирования. Его практически единственным помощником и соавтором множества работ был Лазло Чолноки (1899–1967), в то время доцент (рис. 3). Как пишет Эттре, “было еще максимум два или три аспиранта”.

Нам представляется, что причина более позднего вовлечения Цехмейстера в хроматографическую тематику была в том, что с 1920 гг. до сере-

дины 1930-х гг. он был занят другими вопросами. В 1925, 1930 и 1932 гг. Цехмейстер издал три учебника — “Химическая (лабораторная) практика”, “Введение в титриметрию” и самый обстоятельный труд — двухтомную монографию по органической химии, выпущенную в 1930–1932 гг. и посвященную Вильштеттеру. Кроме того, он преподавал и, по воспоминаниям коллег, был превосходным преподавателем: его лекции всегда прекрасно подготовлены, производят “неизгладимое впечатление” на студентов и собирают полную аудиторию [4].

По нашему мнению, Цехмейстер хорошо знал работы Цвета, но использовал хроматографический метод как инструмент, а не цель своих исследований. Об этом говорят следующие факты. Внимательно изучив публикации Цехмейстера конца 1920 гг. мы обнаружили, что он использует термин “каротиноиды”, введенный Цветом в 1911 г. Об этом он пишет в своей монографии 1934 г. “Каротиноид”: “Каротиноиды — наименование группы растительных и животных безазотных красителей от светло- до темно-желтого цвета, предложенное Цветом (1911 г.) в честь главного представителя группы — каротина” [19]. Монография обобщает работы по каротиноидам и включает ссылки на шесть работ Цвета, включая его диссертацию на русском языке, пять ссылок на работы Палмера, включая упомянутую монографию “Каротиноиды и пигменты”, огромное количество ссылок на работы Каррера, Ледерера, Куна и Винтерштайна — т.е. всех тех, кто использовал и развивал хроматографический метод. Очевидно, что Цехмейстер, занимаясь с 1920 гг. исследованиями каротиноидов, внимательно следил за работами последователей Цвета и, вполне вероятно, использовал этот метод в то же время, что и Кун, Ледерер и Каррер. В рецензии на эту книгу Винтерштайн отмечает: “Л. Цехмейстер в 1928 г. открыл вторую эпоху точных исследований каротиноидов, он один из немногих исследователей, кто призван дать критическое представление о природных полиеновых красителях. Книга выходит в то время, когда химическое и химико-аналитическое исследование растительных каротиноидов пришло к определенному завершению” [20]. Нам представляется, что Винтерштайн обращает здесь внимание, что Цехмейстер был, очевидно, первым *химиком*, работавшим в области исследования каротиноидов, и именно с химико-аналитической точки зрения смотрел на исследования в этой области, а значит и на хроматографический метод.

В этой же монографии “Каротиноид” (1934) Цехмейстер впервые пишет об авторстве и заслугах Цвета в адсорбционном методе разделения в применении к исследованиям каротиноидов. В разделе 8 (с. 94) “Хроматографический адсорбционный метод Цвета” читаем: “Мысль о разде-

лении смесей натуральных пигментов по тонким различиям в отношении адсорбируемости компонентов дала, вероятно, самый сильный импульс в химии каротиноидов, который мы получили с момента введения физических методов спектроскопии. Заслуга российского ботаника Цвета в том, что он сразу же дал своей новаторской идее просто исполняемую форму, которая, по сути, соблюдается и сегодня”. И далее “За 25 лет хроматография” применялась лишь изредка (например, работы Палмера и Липмаа), но ей уделялось слишком мало внимания, в том числе и потому, что, химику при работе обычными методами надо было решать другие многочисленные задачи. К методике Цвета прибегли только тогда, когда появились более тонкие вопросы и в то время, когда было объявлено исследователями школы Винтерштайна, что с помощью планомерно выполняемых адсорбций и элюций могут быть разработаны диагностические методы. Работы Куна, Ледерера и Винтерштайна с успехом вошли в практику химии каротиноидов ... Сводный доклад о развитии сложившейся методологии подготовлен Винтерштайном (ссылка на [21])”.

Нам представляется, что фраза “... надо было решать другие многочисленные задачи” — это и есть объяснение самого Цехмейстера, почему он стал использовать хроматографию, публиковать работы, напрямую связанные с этим методом, чуть позже упомянутых пионеров метода. Таким образом, нам представляется очевидным, что монография Цехмейстера 1934 г. “Каротиноид” является прямым продолжением работ М.С. Цвета. Освещая и обобщая все известные работы по исследованию каротиноидов (в основном 1910–1934 гг.), Цехмейстер с первого предложения, говоря о Цвете, упоминает его имя более двадцати раз, посвящает хроматографическому методу Цвета целый раздел. Кроме того, содержание этого раздела является первым описанием ранней истории хроматографии. Даже краткое наименование метода — “хроматография” (Chromatographie), по всей видимости, введено Цехмейстером в широкое употребление⁸ в этой книге. Данная монография содержит подробное описание хроматографической методологии, аппаратуры, примеры хроматограмм, вполне вероятно, полную на тот момент библиографию работ с применением хроматографии и может считаться второй в истории хроматографии после книги Цвета “Хромо-

⁸ Имеется в виду, что до Цехмейстера в публикациях метод именовали “адсорбционным хроматографическим”, “хроматографическим” или просто “метод Цвета”. В монографии Цвета “Хромофиллы в растительном и животном мире” (1910), автор часто использует краткое наименование — “хроматография”. По нашему мнению, именно Цехмейстер обратил на это внимание и внедрил этот термин в широкое употребление.

филлы в растительном и животном мире” монографией по хроматографическому методу.

В 1936 г. в “Химическом ежемесячнике” вышла статья Цехмейстера и Чолноки “30 лет хроматографии” [22]. Она начинается словами: “Если посмотреть на историю органической химии, становится ясно, как часто происходит огромное увеличение возможностей исследований со стороны физических [методов]. В то время как, например, спектроскопический, поляриметрический, рефрактометрический методы уже широко используются при изучении соединений углерода, особый вариант адсорбционного анализа лишь недавно получил распространение. В процессе изучения растительных экстрактов достойный признания русский ботаник М. Цвет создал оригинальный и, как это оказалось гораздо позже, удивительно универсально применяемый метод для идентификации и разделения красителей. 30 лет назад он назвал эту технику эксперимента “хроматографическим методом адсорбции”, или коротко “хроматографией”. Далее авторы кратко описывают опыт Цвета по разделению пигментов на колонке с карбонатом натрия. Во втором разделе статьи приводятся основы теории метода. “Если считать, что величина способности к поглощению является постоянной, то все вещества в растворе попадают в поле действия этих поверхностных сил, но с различными успехами в конечном результате. Если количество адсорбирующего вещества недостаточно для связывания всего (доступного с точки зрения отдельных коэффициентов адсорбции) пигмента, то фиксируется только тот тип красителя, который обладает самой сильной аффинностью, что “исчерпывает адсорбционную поверхность”. После насыщения первым красителем второй продвигается и удерживается ниже. “Таким образом, игра продолжается до тех пор, пока раствор не станет практически бесцветным, и пока в конце концов в порядке следования образованных цветовых зон не появится схема адсорбционного ряда. ... Очевидно, что продвижение отдельных зон, с учетом различия коэффициентов адсорбции, будет проходить с неравными скоростями. В общем, наиболее слабо адсорбируемые и легко элюируемые компоненты наиболее быстро движутся вниз. Но поскольку именно такие красители располагаются в самых нижних участках хроматограммы, белые промежуточные пространства должны увеличиваться в процессе развития или они вообще проявляются только сейчас. Хроматограмма растягивается, что выгодно экспериментатору, который теперь [может] разрезать колонку, вынутую из трубки”. Рассуждая о движущих силах при разделении, авторы указывают, что Цвет часто использовал смеси растворителей, при этом в ряде из них пигменты не растворялись, из чего сделан вывод, что не только растворимость играет роль,

но и поверхностное натяжение и химические взаимодействия.

В третьем разделе статьи описана техника эксперимента с практическими советами по наполнению колонн и полному разделению фракций, например путем повторного хроматографирования. Четвертый раздел посвящен собственно анализу, в том числе количественному. Авторы отмечают, что, хотя относительные пропорции компонентов смеси можно оценить по размеру зон, “нет никакой пропорциональности между толщиной цветных полос и количеством пигмента”. Кроме того, в смеси могут присутствовать бесцветные компоненты, которые существенно влияют на вид хроматограммы. Авторы отмечают, что “микрокolorиметрия отдельных элюатов приводит к превосходным количественным результатам”. Однако далее подчеркивают, что для идентификации по известным красителям самым надежным методом следует признать “смешанную хроматограмму”. Метод “смешанной хроматограммы” сейчас мы называем методом добавок, когда к разделенной фракции примешивают приписываемый ей известный краситель и повторно хроматографируют. Если наблюдается разделение — идентификация неверна. Далее авторы пишут: “Как видно из приведенных выше объяснений, в будущем к препарату красителя необходимо будет предъявлять более высокие требования, прежде чем окончательно будет объявлена его однородность: пигмент должен быть “хроматографически однородным”. Цветовская колонка часто указывает на такую неоднородность, когда все обычные физические и химические методы потерпели неудачу”.

Об истории развития метода Цвета авторы пишут: “Когда была опубликована сводная работа Цвета (1910), хроматография почти не использовалась за пределами его лаборатории; он [только] цитирует работы Kränzlin (Кренцлин) и Stoklasa (Штокласа). Но и в последующие годы новая техника работ была почти проигнорирована, причиной был тот факт, что книга Цвета, к сожалению, вышла только на русском языке. Четверть века с 1906 по 1931 год можно охарактеризовать как латентность в истории хроматографии”. Из последователей Цвета авторы отмечают в первую очередь Палмера, перечисляя также единичные работы и других исследователей: Vegezzi (Веджези) (1916), Coward (Ковард) (1924), Lipmaa (Липмаа) (1926). И далее: “Расцвет хроматографии датируется 1931 годом и характеризуется главным образом переносом экспериментов в препаративные масштабы”. О том, что Цвет знал о возможных хроматографического метода и для масштабных разделений, говорят его опыты по разделению лецитина, отмечают авторы статьи. “Хроматография была успешно введена в препаративную химию полиеновых красителей Куном и Ледерером,

и Куном, Винтерштайном и Ледерером в начале 1931 года. Первое исследование относится к разделению каротина, который был известен уже 100 лет, на его компоненты вместе с выделением альфа- и бета-каротина, в то время как в последнем [исследовании] авторам удалось извлечь лютеин из различных видов растений и выделить этот краситель также из яичного желтка. Таким образом, предсказание Цвета, сделанное в 1910 году, сбылось: “Вполне возможно, что растительный каротин не является химически индивидуальным соединением, а представляет собой смесь двух или нескольких гомологов, которые можно разделить, используя метод адсорбции и подходящие адсорбенты”. Авторы также описывают способы определения полос невидимых глазу соединений. Есть примеры “проявления” хроматограмм промывкой колонн красителем или по цветной реакции с различными окрашивающими соединениями. Упомянут способ, при котором хроматограмма облучается ультрафиолетовой лампой и очерчиваются зоны, в которых наблюдается флуоресценция (Каррер назвал этот способ работы “ультра-хроматографией”); таким способом, например, исследователи группы Винтерштайна выделяли на хроматограмме зоны, содержащие конденсированные углеводороды при разделении смесей канцерогенных соединений.

В заключении авторы отмечают, что едва ли возможно охватить все варианты применения хроматографии. “Мы ограничились ретроспективной [работ] с исторической точки зрения с целью заинтересовать коллег, в лабораториях которых еще нет хроматографии, к различным возможностям в отношении диагностики и анализа, разделения и идентификации, сравнения и дифференциации природных и искусственных соединений углерода”. Заключительная фраза авторов: “Следующие 30 лет, несомненно, принесут [методу] дальнейший невообразимый прогресс, но пионер его Цвет, чья плодотворная идея оставалась незамеченной в течение четверти века, заслуживает полного признания уже сегодня”. Таким образом, тринадцатистраничная статья Цехмейстера и Чолноки не только давала обзор текущему состоянию метода Цвета, но определенно была попыткой прославить этого выдающегося ученого и его по-настоящему универсальный метод исследования сложных смесей. Это, безусловно, способствовало распространению хроматографического метода на все новые области применения и привлекло большее количество сторонников и последователей.

Невзирая на трудности организационного характера, на которые обращает внимание Эттре, в период с 1933 по 1937 гг. вышло около тридцати публикаций Цехмейстера, в которых нашел применение хроматографический метод. Несмотря на то, что в этих работах не было сделано чего-то

выдающегося, как у Куна, Леререра и Каррера, мы считаем, что Цехмейстер, оставаясь несколько в тени этих исследователей, сделал для развития хроматографии главное — кроме уже описанной статьи, служившей популяризации хроматографии в среде химиков, на основе собственного опыта в хроматографии и обобщения всех известных на тот момент работ с применением хроматографии, он вместе со своим коллегой Лазло Чолноки написал первое пособие по методу, которое вышло в 1937 г. [23]. В рецензии на него Г.-М. Шваб (1899–1984) (немецкий физикохимик, пионер ионообменной хроматографии) писал, что оно предназначено “всем, кто хочет его [хроматографический метод] изучить, поскольку демонстрирует принципы, методологию и наиболее важные примеры применения таким превосходным образом” [24]. Сам Шваб к этому моменту разрабатывал новое направление метода — хроматографию неорганических ионов, дав ему название “неорганическая хроматография”, в противоположность тому, чем занимались Кун и Ледерер, Каррер, а также сам Цехмейстер — хроматографией органических веществ.

Из предисловия к первому изданию “Хроматографического адсорбционного метода”, эпиграфом к которому служит фраза “Каждый научный прогресс является прогрессом метода”, читаем: “Названный *гениальным российским ботаником профессором М. Цветом* “Хроматографический метод адсорбции”, который позволяет разделять компоненты смеси, сейчас находится в начале своего блеска, предоставляя исследователю простые экспериментальные средства, в том числе в области чистой и прикладной органической химии, биохимии и физиологии. В надежде внести вклад в дальнейшее развитие все еще не признанной методологии, мы представляем эту краткую монографию, состоящую из двух частей. Обсуждаются общие основы и разновидности хроматографии, за которыми, в сознательно неполной “специальной части”, следуют примеры применения” [23].

Первое издание стало настоящим бестселлером, и на следующий год вышло существенно дополненное второе издание под названием “Хроматография. Адсорбционный анализ”, которое на треть состояло из фундаментальных основ, а на две трети из известных применений метода с полной библиографией. В предисловии ко второму изданию, подписанном “Авторы, Пешт, июль 1938 г.,” читаем: “С момента появления этой книги прошло всего полтора года, и в этой редакции появилось расширение, которое, как видно, отражается в объеме и собранном материале и особенно во включении около 200 новых ссылок в библиографию. Последнее свидетельствует о том, что метод Цвета нашел применение в многочисленных лабораториях, и в то же время *он был заме-*

чен. Очевидно, что мы находимся в той стадии развития, когда новый метод, как правило, используется в контексте потребностей, но систематическое исследование возможностей применения происходит редко. Это также относится к неполно изученной связи между хроматограммой и строением органических соединений. Разработка Шваба и Джокерса в области неорганической химии была успешно сделана до начала года, в результате чего последняя глава [книги] была дополнена. ... Имелось намерение начать эту книгу биографией Цвета, но до сих пор не были получены достоверные сведения о жизнедеятельности этого ученого” [25].

Во втором издании монографии Цехмейстера и Чолноки имеются ссылки на 52 публикации Куна, 49 Каррера, 33 Цехмейстера, где применялся метод Цвета. По мнению Эттре, “эта книга стала величайшим вкладом Цехмейстера в хроматографию; через нее он выучил целое поколение химиков” [4] и “это была правильная книга, напечатанная вовремя” [8]. Очевидно, что авторы добились главного — метод был “замечен” и именно благодаря их усилиям происходило его бурное развитие и распространение во все новые области.

К концу 1930-х гг. Цехмейстер уже был широко известен и в Европе, и в США: был награжден медалью Пастера французского биохимического общества (1935), стал членом Венгерской академии наук, иностранным членом Датской академии наук, стал почетным членом Общества австрийских химиков (1938), его приглашали и он ездил с лекционными турами по Европе и США. Однако в Европе шла война, и нацисты добрались до Венгрии. Цехмейстер принимает приглашение Калифорнийского технологического института в Пассадене (Caltech), и, как пишет Эттре, “бежит в США в феврале 1940 г. на последнем пароходе из итальянского порта” [8].

В Пассадене Цехмейстер возобновляет свои исследования, применяя хроматографию. Основная тема его исследований — изучение стереоизомеров. Как мы уже отмечали, озабоченность Цехмейстера в 1938 г. о “неполно изученной связи между хроматограммой и строением органических соединений” привела его к идее сфокусировать внимание на этой теме. На хроматографической конференции, созванной Нью-Йоркской академией наук 29–30 ноября 1946 г., кроме вводного сообщения по истории хроматографии, о котором пойдет речь ниже, Цехмейстер дает отчет о его работах в сообщении “Стереохимия и хроматография” [26]. А на заседании Фарадеевского общества (Великобритания) в сентябре 1949 г., полностью посвященного применению хроматографии в аналитической химии, выступит с докладом об адсорбции и некоторых структурных и

стерических свойствах [27]. Позднее, в 1962 г., на вручении награды Американского химического общества в области хроматографии и электрофореза, Цехмейстер выбрал в качестве темы своей лекции коллоидную хроматографию и геометрический изомеризм, описав методологию хроматографического разделения некоторых *цис*- и *транс*-изомеров. Его книги “Цис-транс изомерные каротиноиды”, “Витамин А” и “Арилполиены”, опубликованные в том же 1962 г., обобщили его работы в этом направлении [4].

В Пассадене, после опубликования в 1947 г. работ по Манхэттенскому проекту, осознав, что его монография требует обновления, он пишет продолжение, которое заканчивает в 1948 г. Новая монография под названием “Прогресс в хроматографии 1938–1947” выйдет в печать в 1950 г. [28]. Э. Макколлум⁹ в рецензии на эту монографию пишет: “Цехмейстер был одним из первых, кто распознал высокую способность разделения, многозадачность и аналитический потенциал техники селективной адсорбции. ... Цехмейстер внес огромный вклад в использование хроматографии как аналитического инструмента, пролив непревзойденное чутье в этом деле” [29].

В другой рецензии на ту же книгу Г. Стрейн¹⁰ отмечает: “Профессор Цехмейстер был одним из первых, кто понял возможности и широкое применение цветового метода в анализе. Его первая книга, написанная совместно с Л. Чолноки в 1937 г. и переизданная в 1938 г., переведенная в 1941 г. на английский язык А.Л. Бахарашем и Ф.А. Робинсоном, внесла огромный вклад в применение хроматографии как стандартного метода аналитической химии. Данная книга ..., в дополнение к первой ... содержит новые технологии, принципы и методики, появившиеся за последнее время. ... Значение этой книги для преподавателей и студентов зависит от их интересов и опыта. Поскольку базовые хроматографические принципы были включены в первую книгу, эта будет находкой для специалистов с некоторым опытом и тех, кто знаком с первым изданием...” [30].

Отметим также рецензию на французском языке на эту книгу, автор которой отмечает наличие обширного раздела о применении метода и подчеркивает: “Кроме того, этот раздел включает

⁹ Эльмер Вернер Макколлум (Elmer Verner McCollum, 3.03.1879–15.11.1967) — американский биохимик, член Национальной АН США. Основные научные работы посвящены проблемам питания, изучению роли витаминов и минеральных веществ в организме животных.

¹⁰ Гарольд Стрейн (Harold H. Strain) — один из пионеров хроматографического метода в США. В 1961 г. первым удостоен национальной премии по хроматографии Американского химического общества. Автор публикации: Strain H.H. and Sherma J., Michael Tswett's contributions to sixty years of chromatography, *J. Chem. Educ.*, 1967, vol. 44, p. 235.

применения хроматографии в промышленной сфере: пищевой и фармацевтической промышленности, в изучении и производстве инсектицидов, дубильных веществ, минеральных масел (глава XXII). Наконец, последняя глава (глава XXIII) посвящена применению хроматографии в химии минералов: разделение катионов различными методами, разделение анионов, фракционирование изотопов. ...В конце книги можно найти очень важную библиографию, включающую около 1500 ссылок... Книге предшествует фотография Цвета, которая тем более ценна тем, что является особенно редким документом. ... Нет сомнений в том, что среди многочисленных опубликованных недавно работ по хроматографии работа Л. Цехмейстера является одной из лучших” [31].

По мнению Е.М. Сенченковой, “Эта книга знаменательна тем, что явилась одной из последних работ, охватывающих все области применения хроматографии до ... 40-х годов. С 50-х годов стали издаваться обзорные статьи и монографии, освещающие использование хроматографии в различных областях науки и техники ...” [32]. Со своей стороны отметим, что данная работа Цехмейстера явилась своеобразным обобщением и подведением итогов первого этапа развития хроматографии – эмпирического. “Наука о хроматографии ... все еще находится на той ранней стадии развития, где нет общей теории, которая могла бы освещать и направлять [ее] применение. ... Можно сказать, что хроматография стоит сейчас там, где наука о дистилляции стояла в 1920-х гг., хотя аналогия не совсем справедлива. ... Эта ситуация, однако, объясняет необходимость ... этой книги” [33].

Обратившись к воспоминаниям ученых, которые использовали и развивали хроматографию в 30-х–50-х гг. XX века, можно практически всюду найти упоминание о неоченимой помощи самого Цехмейстера или его книг в их исследовании. Так, например, Цехмейстер был тем человеком, который первым предложил применить хроматографию в Манхэттенском проекте. Сиборг¹¹ называл Цехмейстера “одним из выдающихся основоположников метода хроматографии”. Встретившись с ним в начале 1940 г., он отмечал: “нас чрезвычайно заинтересовало все, что рассказал нам Цехмейстер о хроматографии”. Сиборг даже запомнил, что Цехмейстер говорил, что хроматографический метод “был открыт много лет назад

русским ученым с легко запоминающейся фамилией Цвет” [34].

Наша страна обязана Цехмейстеру благодаря, казалось бы, незначительной случайности, которая стала поворотным моментом в отечественной истории хроматографии – Е.Н. Гапон¹² в разрушенном войной Кенигсберге весной 1945 г. нашел книгу Л. Цехмейстера и Л. Чолноки по хроматографии, вследствие чего в СССР за кратчайший срок были развернуты масштабные исследования в этой области.

История хроматографии в целом должна быть обязана Цехмейстеру – той последовательности, с которой он отстаивал приоритет М.С. Цвета в открытии метода хроматографии. Статья Лазло Цехмейстера в журнале “Isis”, старейшем англоязычном журнале в области истории науки, медицины и технологии, вышла в 1946 г. под названием “Михаил Цвет – создатель хроматографии” [35]. В самом ее начале автор отмечает: “Широкое применение физических методов ... привело к осознанию химической неоднородности многих природных и синтетических субстанций, которые ранее были описаны как гомогенные соединения. В этом ... основную роль играет хроматография, изобретенная Цветом”. Автор пишет, что сетовал на отсутствие достоверных биографических данных о Цвете во введении к своей монографии 1938 г., однако недавно появилась обширная публикация о жизни Цвета, написанная профессором Дэре, а также обнаружено однострочное упоминание о смерти Цвета в 1920 г. в сборнике “Биографии ботаников Женевы”, из которых Цехмейстер цитирует некоторые биографические данные. Автор подчеркивает, что “Цвет прекрасно понимал важность хроматографии, различные применения которой он четко предвидел во многих областях, включая разделение бесцветных веществ. Он предсказал неоднородность растительных ксантофилла и каротина и открыл новые аспекты для изучения “каротиноидов” – термин, который он использовал впервые. Но самая известная ранняя демонстрация его метода касается хлорофилла. Сосуществование двух нативных зеленых пигментов, “хлорофиллина а и б”, которые позднее были обозначены как “хлорофилл а и б”, было заявлено им еще в 1907 году, то есть до начала классических исследований Вильштеттера”. Позднее сама вильштеттеровская школа подтвердила правильность ранних цветовских хроматографических наблюдений. Главное, отмечает автор, что “невозможно в полной мере отразить важность открытия Цвета в рамках краткого эссе”. И в заключении автор пишет слова, которые

¹¹Гленн Теодор Сиборг (Glenn Theodore Seaborg, 19.04.1912–25.02.1999) – американский химик-ядерщик. Благодаря его работам окончательно сформировалась новая наука – ядерная химия. Лауреат Нобелевской премии по химии (1951) “За открытия в области химии трансурановых элементов” совместно с Эдвином М. Макмилланом. Элемент Seaborgium (106) назван в его честь.

¹²Евгений Никитич Гапон (1903–1950) – выдающийся отечественный физикохимик. В 1945 г. был инициатором работ по хроматографии, создал первую научную школу хроматографистов.

нельзя не привести полностью: “Жизнь Цвета включает в себя серию трагедий, в первую очередь тяжелую болезнь и катастрофическое влияние потрясающих мир событий на его счастье и работоспособность. Кроме того, важность его достижений не была должным образом признана во время его жизни и какое-то время после кончины. Довольно сложно полностью понять причину этого общего пренебрежения. Правда, его книга вышла только на русском языке; однако он опубликовал ряд более коротких работ на немецком и французском языках. Кроме того, он продемонстрировал новый метод на собрании Немецкого ботанического общества 28 июня 1907 года – важная дата в истории хроматографии. Очевидно, этот метод был настолько оригинальным, что лежал за пределами границ, в которых *химики привыкли работать*. Михаил Цвет разделил судьбу многих выдающихся ученых, писателей и художников, которые погибли, так и не увидев плодов своих усилий и стимулов, которые были даны их пионерскими идеями человечеству”.

Кроме уже упомянутых работ, в которых Цехмейстер отмечает заслуги и утверждает авторство метода хроматографии за М.С. Цветом, мы указывали ранее на статью Цехмейстера “История, области применения и методы хроматографии” как на первую по истории хроматографического метода. Статья вышла в февральском номере журнала “Annals of the New York Academy of Sciences” 1948 г. вместе с другими статьями по работам Манхэттенского проекта, прозвучавшим на хроматографической конференции Нью-Йоркской академии наук 29–30 ноября 1946 г., посвященной 40-летию открытия метода хроматографии М.С. Цветом (отсчет вели с публикации М.С. Цвета 1906 г.). Вызывает удивление реакция академика М.М. Дубинина, под редакцией которого в 1949 г. вышел сборник “Хроматография”, включивший ряд публикаций конференции, в том числе упомянутую статью Цехмейстера [36]. Во вступительной статье Дубинин дает резко негативную и явно несправедливую оценку статье Цехмейстера об истории хроматографии. По мнению Дубинина, Цехмейстер “подтасовывает факты... и никакие измышления Цехмейстера не могут поставить под сомнение приоритет русской науки в этом вопросе”. Подобная оценка статьи Цехмейстера вдвойне несправедлива. Нью-Йоркская академия наук посвятила свою конференцию 40-летию открытия русского ученого М.С. Цвета по инициативе Цехмейстера. И как мы уже показали, именно Цехмейстер первым отстаивал приоритет М.С. Цвета.

Следует отметить, что упомянутая публикация Цехмейстера по истории хроматографии, где однозначно М.С. Цвет назван изобретателем метода, спровоцировала дебаты, развернутые на страницах журнала “Nature” двумя британскими уче-

ными Гербертом Вейлом и Тревором И. Уильямсом, которые бросили вызов Цехмейстеру, утверждая, что не М.С. Цвет, а Д. Дей (D.T. Day) – “настоящий изобретатель хроматографии” [37, 38]. На это Цехмейстер вежливо ответил, что уже писал о важности работ Дея, о которых научная общественность совершенно забыла, и что “эти эксперименты, основанные на соображениях, которые сильно отличались от экспериментов Цвета, вполне могли при благоприятных условиях превратиться в систематическую хроматографию”. Однако Цехмейстер твердо повторил, что авторство Цвета в хроматографическом методе – бесспорно [39].

Удивительно, но отголоски этой дискуссии, которые были слышны и за железным занавесом, обнаружил много позднее Эттре. Разбирая архив Цехмейстера, хранящийся в институте Caltech, Эттре обнаружил перевод с русского на английский статьи Х.С. Коштоянца и Л.Ф. Калмыкова “К истории хроматографического метода” в журнале “Биохимия” 1951 г. По мнению Эттре, “Полемика между Цехмейстером, Вейлем и Уильямсом, казалось, доказывала им, что их опасения оправдываются: представители буржуазного Запада снова пытались украсть русское изобретение”. Описывая в красках “антиамериканский пафос риторики” советских ученых, Эттре замечает, что они, видимо, не знали о том, что Вейл и Уильямс не американские, а английские ученые, “и, конечно, ничего не знали об оригинальных статьях американского ученого Цехмейстера, который действительно защищал приоритет Цвета”. Статья Эттре называется “Хроматография и холодная война” и, по его предложению, должна была начать серию публикаций “Вехи человеческой глупости” [40].

О дискуссии вокруг приоритета Цвета прекрасно написано в серии работ Е.М. Сенченковой¹³ [7, 32, 41], отметим только, что при издании ее монографии “Михаил Семенович Цвет” на английском языке в 2003 г. [42], где редактором выступил Л. Эттре, эту тему было решено не осветить.

¹³ Нужно отметить, что имя Цехмейстера в этих работах упоминается также и в негативном плане, например: “С 1903 г. никто не оспаривал ... авторства у М.С. Цвета, а в 30-е годы с резким взлетом потребности в хроматографии сильно вырос интерес и к ее создателю. Однако в послевоенные годы “холодной войны” России и США ситуация резко изменилась, что прослеживалось и в самих США. Если в 1946 г. после успешного использования хроматографии ... Нью-Йоркская Академия наук отметила 40-летие хроматографического метода (в связи с немецкой публикацией М.С. Цвета 1906 г.), то уже в конце 40-х годов стали появляться высказывания Л. Цехмейстера, Ф. Файгеля и др. о существовании у М.С. Цвета предшественников...” [44]. Однако в целом Сенченкова отдает ему должное: “Тем не менее Цехмейстер в очень большой степени способствовал тому, что имя Цвета приобрело в 30–40-х годах заслуженную известность за рубежом” [45].

щать. Книга эта остается раритетом и, возможно, в настоящее время стоит издать ее полностью.

Мы уже упоминали некоторые награды и звания Цехмейстера. Он был почетным членом Венгерской академии наук и обладателем ее Гран-при; иностранным членом Королевской датской академии наук; в 1962 г. получил премию Американского химического общества за работы в области хроматографии и электрофореза [3, 43]; был членом редколлегии журнала Американского химического общества (JACS). Цехмейстер работал в отделении органической химии Caltech до 1959 г., однако и после ухода на пенсию продолжал преподавание и научные исследования до лета 1971 г., когда серьезно заболел.

Лазло Цехмейстер скончался 28 февраля 1972 г. По его завещанию его прах был развеян над океаном близ Лос-Анжелеса [4]. За неполные 83 года его насыщенной наукой и преподаванием жизни, поработав в разных странах и на двух континентах, он, вероятно, хотел, чтобы на земле остался не его могильный камень, а нечто большее — память о нем и о его трудах, сыгравших важную роль в истории хроматографии.

Как это часто бывает, признание исторических заслуг ученого в развитии той или иной области науки приходит не сразу. Пусть с опозданием, но отечественная наука должна отдать должное Лазло Цехмейстеру. Без его настойчивости в утверждении авторства М.С. Цвета и терпения к несправедливым нападкам некоторых советских деятелей науки 1940–1950 гг. в мире не было бы признано, что хроматография создана русским ботаником Михаилом Семеновичем Цветом, не был бы оценен гений этого ученого не только в разработке метода, но и в предвидении путей его развития. Сбылись предвидения самого Цехмейстера, сделанные в 1936 г. — “Следующие 30 лет, несомненно, принесут [методу] дальнейший невообразимый прогресс”. А самый главный его труд — монография о хроматографическом методе стала “величайшим вкладом Цехмейстера в хроматографию; через нее он выучил целое поколение химиков” [4]. В нашей стране книга Цехмейстера стала эстафетой от Цвета первым хроматографистам нашей страны Е.Н. и Т.Б. Гапоном. И словами руководителя первой лаборатории хроматографии СССР К.В. Чмутова, повторим “... нельзя не помнить о тех, кто отдал свой талант, энергию, время развитию самой хроматографии и ее использованию для решения многих проблем, стоящих перед человеческим обществом”.

Автор выражает глубокую признательность академику Ю.А. Золотову за правки и ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ettre L.S.* The development of chromatography // *J. Anal Chem.* 1971. V. 43. № 14. P. 31.
2. *Ettre L.S.* In memoriam László Zechmeister 1889–1972 // *Chromatographia.* 1972. V. 5. № 5. P. 317.
3. 75 Years of Chromatography — A Historical dialogue / Eds. *Ettre L.S., Zlatkis A.*. *Journal of Chromatography Library.* Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1979. V. 17.
4. *Ettre L.S.* László Zechmeister: A pioneer of chromatography // *J. Anal.Chem.* 1989. V. 61. № 23. P. 1315A.
5. *Ettre L.S.* Chapters in the Evolution of Chromatography. London: Imperial College Press, 2008. P. 172.
6. *Wirth M.* László Zechmeister. His Life and Pioneering Work in Chromatography. Series: Springer Briefs in Molecular Science. History of Chemistry. s. 1. Springer, 2013.
7. *Сенченкова Е.М.* Рождение идеи и метода адсорбционной хроматографии. Москва: Наука, 1991. 228 с.
8. *Ettre L.S.* The Rebirth of Chromatography 75 Years Ago // *LCGC North America.* 2007. V. 25. № 7. P. 640.
9. *Цвет М.С.* Хлорофиллы в растительном и животном мире. Докторская диссертация. Варшава, 1910.
10. *Kuhn R., Winterstein A., Lederer E.* Zur Kenntnis der Xanthophylle // *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1931. Bd. 197. № 1–4. S. 141.
11. *Греков Н.В.* Германские и австрийские пленные в Сибири (1914–1917). Проект “История государства Габсбургов”. <http://ah.milua.org>, URL: <http://ah.milua.org/germany-and-austro-hungarian-pows-in-siberia-1914-1917>. (дата обращения 21.03.2020).
12. *Ерёмин И.А.* Военнопленные Первой мировой войны в Западной Сибири // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* 2007. Т. 310. № 1. С. 259.
13. *Palmer L.S.* Carotinoids and Related Pigments: The Chromolipids. N.Y., USA: Chemical Catalog Co., 1922.
14. *Karrer P.* Über Carotinoidfarbstoffe. // *Angewandte Chemie.* 1929. Bd. V. 42. № 37. S. 918.
15. *Ледерер Э.* Возрождение хроматографического метода М. Цвета в 1931 г. / *Успехи хроматографии / Под ред. Чмутова К.В., Сакодынского К.И.* М.: Наука, 1972. С. 26.
16. *Zechmeister L., Cholnoky L.* Untersuchungen über den Paprika-Farbstoff. II // *Eur. J. Org. Chem.* 1927. V. 455. № 1. P. 70.
17. *Zechmeister L.* Handbuch der Pflanzenanalyse / Ed. Klein G. Vienna: Springer Verlag, 1932/ Bd. 3. S. 1239.
18. *Zechmeister L., Tuzson P.* Zur Kenntnis des Mandarinenpigments I // *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1933. Bd. 221. S. 5.
19. *Zechmeister L.* Carotinoide. Berlin-Heidelberg: Springer ER — Verlag, 1934. 340 p.
20. *Winterstein A.* Рецензия на книгу L. Zechmeister “Carotinoide”. Springer, Berlin, 1934 // *Angewandte Chemie.* 1935. Bd. 48. № 1. S. 37.
21. *Winterstein A.* Fraktionierung und Reindarstellung von Pflanzenstoffen nach dem Prinzip der chromatographischen Adsorptionsanalyse / *Handbuch der Pflanzena-*

- nalyse / Ed. Klein G. Wien: J. Springer, 1933. Bd. 4. S. 1403.
22. *Zechmeister L., Chohnoky L.* Dreißig Jahre Chromatographie // Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly. 1936. Bd. 68. № 1. S. 68.
 23. *Zechmeister L., Chohnoky L.* Die Chromatographische Adsorptionsmethode. Wien: Julius Springer, 1937. P. 231.
 24. *Schwab G.-M.* Рецензия на книгу “Die Chromatographische Adsorptionsmethode”. Prof. L. Zechmeister und Dr. L. Chohnoky // Angewandte Chemie. 1938. V. 51. № 6. P. 98.
 25. *Zechmeister L., Chohnoky L.* Die Chromatographische Adsorptionsmethode. Grundlagen. Methodik. Anwendungen. 2. Wien: J. Springer, 1938. P. 354.
 26. *Zechmeister L.* Stereochemistry and chromatography // Annals of the New York Academy of Sciences. 02. 1948. V. 49. № 2. S. 220.
 27. *Zechmeister L.* Discuss. Faraday Soc. 1949. Chromatographic analysis. V. 7. P. 54.
 28. *Zechmeister L.* Progress in Chromatography 1938–1947. N.Y.: J. Wiley & Sons, 1950.
 29. *McCullum E.V.* Рецензия на книгу L. Zechmeister “Progress in Chromatography 1938–1947” // The Quarterly Review of Biology. December 1951. V. 26. № 4. P. 430.
 30. *Strain H.H.* Рецензия на книгу L. Zechmeister “Progress in Chromatography 1938–1947”. John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 1951 // J. Chem. Educ. 1951. V. 28. № 8. P. 505.
 31. *Fromageot C.* Рецензия на книгу: Progress in chromatography: 1938–1947, L. Zechmeister, Chapman and Hall, London 1950, 368 pp. // Biochim. Biophys. Acta. 1951. V. 6. P. 494.
 32. *Сенченкова Е.М.* Михаил Семенович Цвет. 1872–1919. М.: Наука, 1973. 307 с.
 33. *Cassidy H.G.* Рецензия на книгу: Progress in chromatography, 1938–1947: By L. Zechmeister. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1950. 368 pp. // Arch. Biochem. Biophys. 1952. V. 41. № 2. P. 484.
 34. *Сиборг Г.Т.* Предисловие к книге Э. Хефтмана “Хроматография”. Беркли, 1982. Цитировано по: Хефтман Э. Хроматография. М.: Мир, 1986. Т. 1. С. 7.
 35. *Zechmeister L.* Mikhail Tswett – The Inventor of Chromatography. // Isis (A Journal of the History of Science Society). April 1946. V. 36. № 2. P. 108.
 36. Хроматография. Сб. статей / Под ред. Дубинина М.М. М.: Изд. иностр. лит., 1949.
 37. *Weil H., Williams T.I.* History of chromatography // Nature (London). December 1950. V. 166. № 4232. P. 1000.
 38. *Weil H., Williams T.I.* Early history of chromatography // Nature (London). June 1951. V. 167. № 4257. P. 906.
 39. *Zechmeister L.* Early history of chromatography // Nature (London). March 1951. V. 167. № 4245. P. 405.
 40. *Ettre L.S.* Chromatography and the Cold War // LCGC North America. 2006. V. 24. P. 1.
 41. *Сенченкова Е.М.* М.С. Цвет – создатель хроматографии. М.: Янус-К, 1997. 440 с.
 42. *Senchenkova E.M.* Michael Tswett – the creator of chromatography. М., 2003. 330 p.
 43. *Анонимous.* Lazlo Zechmeister 1890–1972 // Eng. Sci. 1972. V. 35. № 5. P. 26.
 44. *Сенченкова Е.М.* История создания хроматографии и ее научных основ в трудах М. С. Цвета. Дис. ... докт. хим. наук в форме науч. докл. М., ИФЭХ РАН, 2000. 55 с.
 45. *Сенченкова Е.М.* Михаил Семенович Цвет. 1872–1919. М.: Наука, 1973.