

Марина Молчанова



Михаил Семёнович Цвет
1872–1919



Бумажные хроматограммы
(фото автора)

Очень легко провести опыт, похожий на тот, который прославил героя этой статьи. Единственная проблема – подобрать подходящую бумагу: легко впитывающую воду, но при этом достаточно плотную и без тиснения. Фильтровальная (из наборов типа «Юный химик») или промокательная (из старых тетрадей) должна подойти.

Вырезаем из бумаги полоску. Рядом с её нижним краем наносим пятно с помощью водорастворимого фломастера. Помещаем полоску в стакан, содержащий немного воды – так, чтобы поверхность жидкости чуть-чуть не доходила до пятна. Садимся и ждём.

Вода начинает двигаться снизу вверх по полоске, увлекая с собой красящие вещества. И мы внезапно видим, что некоторые цветные пятна постепенно разделяются! Посмотрите на иллюстрацию: в моём наборе фломастеров оранжевый даёт одно размытое пятно, а вот зелёный и коричневый разделяются на зоны – и нам сразу ясно, что в этих фломастерах не один краситель, а смесь!

Что произошло? Красители, двигаясь вместе с водой, по дороге взаимодействуют с бумагой. Цепляются за неё благодаря физико-химическим эффектам – одни сильнее, другие слабее. И молекулы, которые сильнее цепляются, постепенно отстают (представьте себе, как неудобно идти в шерстяном пальто через кусты репейника!). А значит, разные компоненты смеси отделяются один от другого – с помощью метода, который называется *бумажной хроматографией*.

Вместо бумаги можно использовать колонки, набитые подходящим веществом. Вместо воды – другие жидкости или даже газы. Вместо фломастеров... да почти что угодно. И всё равно это будет *хроматографией*. А мы поговорим о человеке, который заслуженно считается её изобретателем.

Михаил Семёнович Цвет, сын итальянки и русского, родился в итальянском городе Асти. Мать умер-

ЗЕЛЁНЫЕ, ЖЁЛТЫЕ И ОРАНЖЕВЫЕ

ВЕЛИКИЕ УМЫ

ла вскоре после его рождения, отец уехал в Россию, а Михаил, оставленный в Швейцарии, там же и получил образование: окончил колледж, поступил в Женевский университет, увлёкся ботаникой, защитил диссертацию. И... в 1896 году решил переехать в Россию, на родину предков. Это решение оказалось для него источником многих бед. Но и открытие, которое прославило его имя, он совершил именно здесь.

По приезде выяснилось, что ни степень доктора естествознания, ни даже степень магистра, полученная в Женевском университете, в России не признаётся. Пришлось пересдавать экзамены, а потом и «перезащищать» диссертацию. Но было в этом и хорошее: Цвет стал общаться с выдающимися петербургскими химиками и биологами. Он начал работать в лаборатории, которую возглавлял учёный и просветитель Пётр Лесгафт, но потом с этой работой пришлось расстаться: Лесгафта выслали из столицы за выступления в защиту участников студенческих демонстраций 1901 года. Найти следующую должность Цвету удалось только в Варшаве, которая, напомним, тогда была под властью Российской империи.

Именно в Варшаве он, продолжая изучать красящие вещества в листьях растений, впервые подробно описал своё открытие – сперва почти незамеченное и вскоре забытое, много позже прославившееся на весь мир.

Процедуру, открытую им, Цвет назвал хроматографией – от греческих слов «χρῶμα» (цвет) и «γράφειν» (писать), то есть «цветопись». Может быть, Цвет имел в виду самое очевидное – получившиеся разноцветные полосы разных веществ. А может быть, он нарочно оставил в названии метода свою подпись, как в старину делали художники на картинах и композиторы в мелодиях.

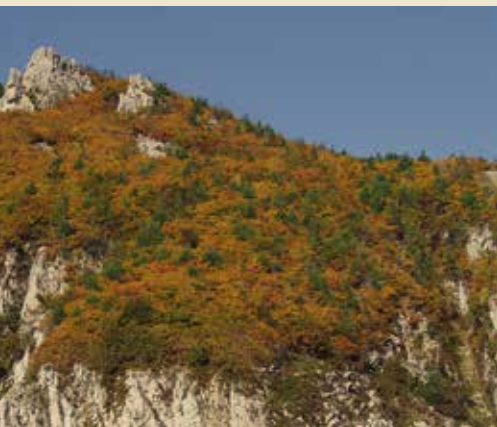
Днём рождения хроматографии обычно называют 21 марта 1903 года. В этот день на заседании Варшавского общества естествоиспытателей прозвучал доклад Цвета «О новой категории адсорбционных явлений и о применении их к биохимическому анализу».



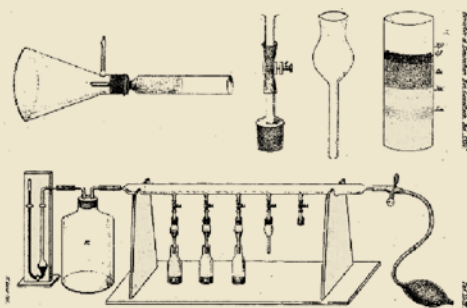
Памятник П. Ф. Лесгафту возле Университета физической культуры (Санкт-Петербург)



Императорский Варшавский университет, открытка 1890 года



Деревья осенью.
Фото автора



Хроматографические
приборы Цвета



Тартуский университет

Двести с лишним лет назад был открыт зелёный пигмент растений – хлорофилл. Тот самый, благодаря которому растения превращают углекислый газ в кислород. Но осенью хлорофилл разрушается, листья меняют цвет. Значит, помимо хлорофилла, в них должны быть ещё какие-то цветные вещества – и химики сейчас знают, какие именно. Жёлтые ксантофиллы, оранжевые каротины, а иногда ещё и красные антоцианы.

Но к началу XX века не было ответа на один из основных вопросов: как отделить одни пигменты растений от других, особенно если эти вещества похожи друг на друга?

Цвет решал эту задачу так. Сперва переводил все пигменты в раствор – для этого измельчённые листья заливались петролейным эфиром с примесью спирта. Затем брал стеклянную трубку, набитую порошком мела, и наносил получившийся буро-зелёный раствор в её верхнюю часть. Жидкость начинала двигаться вниз по трубке. И... постепенно разделялась на разные цветные зоны! Напомним: чем сильнее вещество «цепляется» за поверхность частиц мела (адсорбируется), тем медленнее оно движется. Если же затем добавлять сверху чистый растворитель, зоны постепенно сдвигаются ниже и разделяются чётче.

Постепенно во всех опытах у Цвета стала получаться одна и та же чередка зон, среди которых были сине-зелёная, желтовато-зелёная и несколько жёлтых. Две зелёные полосы – два чуть-чуть различающихся хлорофилла (сейчас мы называем их *a* и *b*). Жёлтые – разные ксантофиллы. А оранжевые каротины проскакивали через колонку, не задерживаясь.

Это так просто – пропустить вещества через колонку. Удобно и для анализа, и для разделения смесей – гораздо удобнее, чем традиционные методы. Но... учёный мир не обратил на это открытие особого внимания.

ЗЕЛЁНЫЕ, ЖЁЛТЫЕ И ОРАНЖЕВЫЕ

ВЕЛИКИЕ УМЫ

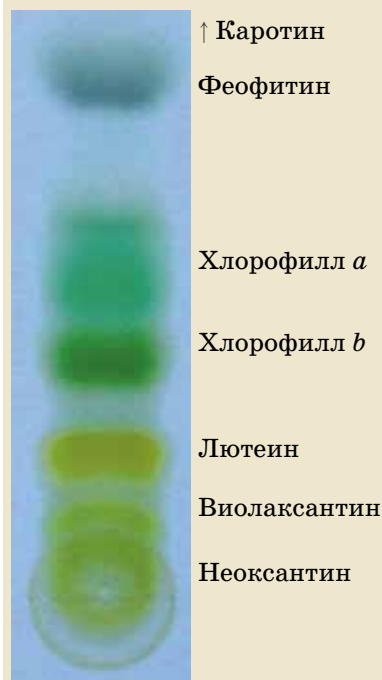
Есть разные объяснения. Иногда ссылаются на то, что Цвет якобы описал свои опыты только на русском языке. Но это не так: в 1906 году Цвет опубликовал две статьи в немецком журнале, позже выступал с докладами в том числе и за рубежом – и специалисты знали о его работах.

Роковую роль отчасти сыграла и случайность. Великий немецкий химик Рихард Вильштеттер, много работавший именно с хлорофиллом (и получивший за эти работы Нобелевскую премию за 1915 год), вполне мог бы оценить значимость сделанного открытия. Но его попытка воспроизвести опыт Цвета не была успешной: в условиях, которые он использовал, производные хлорофилла разрушались. Поэтому Вильштеттер сделал ошибочный вывод: для анализа небольших количеств веществ метод Цвета, может, и годится, а для разделения смесей и получения компонентов в чистом виде – уже нет... Однако эта история имела продолжение, о котором чуть позже.

Но, скорее всего, в самом начале XX века в научном мире просто пока ещё не было понимания того, зачем вообще нужен новый метод.

* * *

Последний этап жизни Цвета был совсем печальным. Первая мировая война сделала невозможной работу в Варшаве: в 1915 году город был занят немецкими войсками. Политехнический институт, где работал Цвет, эвакуировали в Москву, затем в Нижний Новгород. Большинство бумаг погибло, условий для работы в лаборатории не было, здоровье ухудшалось, попытка получить должность в Одессе провалилась. В 1917 году Цвет наконец стал профессором в университете города Юрьев (ныне Тарту, Эстония), но вскоре и Юрьев был занят немцами, и произошёл последний переезд – в Воронеж. Несмотря на тяжёлую болезнь, бедность и голод, Цвет пытался работать и там, но его дни были уже сочтены. Он умер 26 июня 1919 года. Через несколько лет не стало и его верной помощ-



Современная хроматограмма растительных пигментов



Рихард Вильштеттер



Памятник на предполагаемой могиле Цвета



Рихард Кун



Эдгар Ледерер

ницы – жены Елены. Почти все бумаги семьи были утрачены уже во время следующей войны.

Предполагаемая могила Цвета находится в некрополе на территории воронежского Акатова монастыря. В 1992 году на ней был установлен памятник с надписью: «Ему дано открыть хроматографию, разделяющую молекулы, объединяющую людей».

В научном фольклоре¹ известен список этапов в истории многих научных открытий: (1) могли бы открыть, но не открыли, (2) открыли, но не заметили, (3) заметили, но не поверили, (4) поверили, но не заинтересовались, (5) у-у-у-У!!!

Да, некоторые учёные заметили работу Цвета и поверили ему: в 1918 году его даже пытались выдвинуть на Нобелевскую премию по химии. Но большинство заинтересовалось гораздо позже: спустя десять с лишним лет после его смерти.

В это время европейские химики активно изучали многие природные соединения, в том числе витамины, гормоны и опять-таки пигменты. Так, в немецком Гейдельберге Рихард Кун и Эдгар Ледерер занимались каротинами и ксантофиллами (помните, мы говорили про них – оранжевые и жёлтые вещества в листьях?). Но опять-таки возникла проблема: как отличить чистые вещества от смесей? И тут Ледерер, изучая литературу, наткнулся на упоминания о работах Цвета и заинтересовался. Удалось найти немецкий перевод книги Цвета, когда-то сделанный для Вильштеттера, учителя Куна. Того самого Вильштеттера, который когда-то счёл метод Цвета неподходящим для разделения смесей.

А вот у Ледерера и Куна получилось блестяще воспроизвести и развить этот метод: даже вещества, очень близкие по составу и строению, разделялись именно так, как надо! В 1931 году полученные результаты были опубликованы, и это было второе рождение

¹«Физики продолжают шутить». М.: «Мир», 1968, с. 20.

ЗЕЛЁНЫЕ, ЖЁЛТЫЕ И ОРАНЖЕВЫЕ

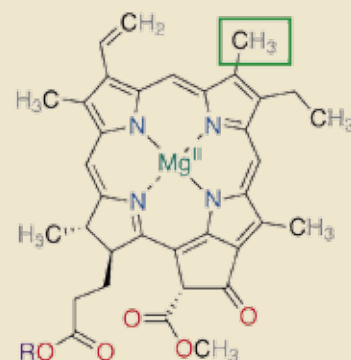
ВЕЛИКИЕ УМЫ

хроматографии. Учёные один за другим стали применять её в работе. Все три Нобелевские премии по химии, полученные в самом конце 30-х годов, так или иначе связаны с применением хроматографии – и прежде всего премия самого Куна (1938).

Но для господства нового метода в химических лабораториях нужен был ещё один шаг, и его сделали Арчер Мартин и Ричард Синг (опять Нобелевская премия, уже 1952 год). Мартин и Синг не просто придумали несколько полезных приёмов для решения конкретных задач – после их работ окончательно стало ясно, что хроматография годится для эффективного разделения практически любых смесей практически любых веществ. Надо только подобрать правильные условия.

И совсем скоро хроматография оказалась буквально везде. Колоночная (как у Цвета) и плоскостная (как у нас на бумаге), адсорбционная и распределительная, жидкостная и газовая. Ионообменная, гель-фильтрационная, аффинная. Десятки вариантов метода, тысячи приборов – и в каждом вещества разделяются благодаря тому, что их молекулы движутся с разной скоростью. Везде, где нужны анализ и разделение сложных смесей, от нефтедобычи до парфюмерии, сейчас обязательно есть хроматография. Производство лекарств и пищевых продуктов, экология, криминалистика... Даже мы с вами, делая в наше непростое время экспресс-тест на коронавирус, пользуемся кассетами, где используется принцип тонкослойной хроматографии.

Ну и на осенние листья теперь мы уже будем смотреть не просто так, а со значением.



Хлорофилл *a*. У хлорофилла *b* отличается группа, обведённая зелёным прямоугольником



Современный хроматограф



Диагностический тест