

УДК 543.544

Применение принципов хроматографического анализа в химической промышленности в годы Великой Отечественной войны и послевоенное время

Иванов Михаил Юрьевич^{1(*)}

vpk@vpk.npomash.ru

SPIN-код: 4220-1383

Буряк Алексей Константинович²

dir@phyche.ac.ru

SPIN-код: 6834-6100

¹ АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Россия² ИФХЭ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Хроматографический метод анализа применяется практически во всех сферах деятельности человека. В Советском Союзе широкое распространение и развитие метод получил после завершения Великой Отечественной Войны. Однако его фундаментальные физико-химические принципы применялись и в военное время. В работе представлены некоторые достижения ученых-химиков, выполненные в рамках оборонных заданий и способствовавшие дальнейшему становлению метода. Приводятся примеры, связанные с разработкой средств противохимической защиты, изучением сорбционных свойств активированных углей, созданием специальных приборов для автоматизации процесса хроматографирования, нейросетевых алгоритмов обработки результатов измерений и компьютерного инжиниринга для оценки состояния хроматографических систем.

Ключевые слова: история аналитической химии, хроматография, многокомпонентная смесь, средства противохимической защиты, атомный реактор, противогазовая лаборатория, цифровой двойник

Application of Principles of Chromatographic Analysis in Chemical Industry During Great Patriotic War and Post - War Period

Ivanov Mikhail Yuryevich^{1(*)}

vpk@vpk.npomash.ru

SPIN-code: 4220-1383

Buryak Aleksey Konstantinovich²

dir@phyche.ac.ru

SPIN-code: 6834-6100

¹ JSC MIC NPO Mashinostroyenia, Reutov, Russia² IPCE RAS, Moscow, Russia

Abstract. The chromatographic method of analysis is used in almost all fields of human activity. In Soviet Union the method became widespread and developed after the end of Great Patriotic War. However, his fundamental physico-chemical principles were also applied in wartime. The paper presents some achievements of chemical scientists performed within the framework of defense assignments and contributed to further development of the method. Examples are given related to development of anti-chemical protection agents,

study of sorption properties of activated carbons, creation of special devices for automating the chromatography process, neural network algorithms for processing measurement results and computer engineering to assess the state of chromatographic systems.

Keywords: history of analytical chemistry, chromatography, multicomponent mixture, chemical protection agents, atomic reactor, gas mask laboratory, digital twin

Введение. Открытие в 1900 году русским профессором Михаилом Семеновичем Цветом явления хроматографического разделения многокомпонентной смеси входит в двадцатку самых значимых достижений человечества в XX веке [1]. Это открытие послужило началом развития мощного инструментария аналитической химии — хроматографического метода анализа. Основу метода составляют эффекты поверхностных взаимодействий газовых, жидких и твердых фаз, связанные с динамикой сорбции. Цель работы — показать значение применения основополагающих принципов хроматографии для обеспечения обороноспособности страны в годы Великой Отечественной Войны и послевоенное время.

Для достижения обозначенной цели решались следующие задачи: формулирование теоретических положений хроматографического метода анализа многокомпонентных смесей; определение значимости участия выпускников Московского высшего технического училища (МВТУ) академика АН СССР, генерал-майора инженерных войск Михаила Михайловича Дубинина и члена-корреспондента АН СССР Константина Васильевича Чмута в создании средств противохимической защиты; выявление особенностей применения хроматографического метода анализа при создании первого советского ядерного реактора; определение характера влияния методов цифрового инжиниринга на развитие теоретического аппарата современной хроматографии.

Материалы и методы. При решении обозначенных задач выполнен анализ различных научно-популярных и профессиональных информационных источников, среди которых можно выделить работы историка науки, доктора химических наук Евгении Михайловны Сенченковой [2], справочно-энциклопедические издания по хроматографии [3], а также материалы, подготовленные пресс-службой ИФХЭ РАН [4].

Для практической демонстрации адсорбционных взаимодействий выполнен классический эксперимент по разделению гомогенной смеси двух жидкостей (водорастворимых чернил зеленого цвета) на два компонента — жидкости синего и желтого цвета (рис. 1). В качестве подвижной фазы использовалась вода, твердой фазы (сорбента) — смачиваемая водой бумага. Движение подвижной фазы в сорбенте обеспечивалось капиллярными явлениями на поверхности раздела соответствующих сред.

Результаты. Приведены понятие хроматографического анализа, сведения о его физико-химических принципах и некоторых этапах развития метода [5]. Датой появления хроматографической науки считается 30 декабря 1901 г. В это время М.С. Цвет сделал доклад на тему «Методы и задачи физиологического исследования хлорофилла» на XI съезде русских естествоиспытате-

лей и врачей. Здесь впервые ученый рассказал о применении физического явления адсорбции для разделения смеси растительных пигментов.

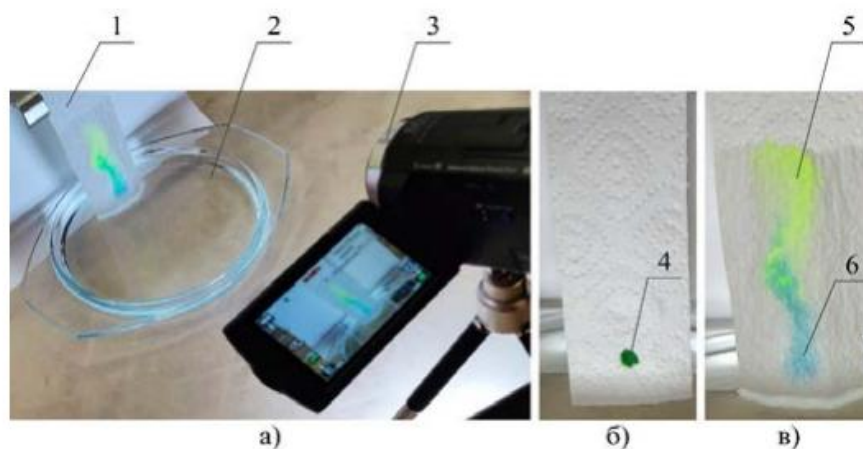


Рис. 1. Демонстрация разделения гомогенной смеси жидкостей:

а -- экспериментальная установка (1 — сорбент, закрепленный на штативе, 2 — емкость с подвижной фазой, 3 — видеокамера), *б* -- начало эксперимента (4 — гомогенная смесь), *в* -- окончание эксперимента (5 — жидкость желтого цвета, 6 — жидкость синего цвета)

Отмечен существенный вклад советских ученых-химиков М.М. Дубинина, К.В. Чмутова и Л.В. Радужкевича в создание средств противохимической защиты [6], развитие теории сорбционных явлений, инструментального обеспечения хроматографического эксперимента и методов анализа получаемых результатов. Функциональные особенности средств противохимической защиты основаны на поверхностном явлении сорбции, теоретические основы которого заложены М.М. Дубининым. Научные исследования в военные годы по этому направлению выполнялись в противогазовой лаборатории Химического факультета МВТУ, которая позже была преобразована в Военную академию химической защиты. В обеспечение исследований К.В. Чмутовым предложено множество оригинальных конструктивных решений для хроматографического эксперимента: автоматический (карусельный) пробоотборник с фотоэлементом, проточная ячейка с самопишущим гальванометром и пр. Крупным советским физико-химиком, полковником, доктором химических наук, профессором Леонидом Викторовичем Радужкевичем (одним из первооткрывателей углеродных нанотрубок) исследована структура адсорбентов методом электронной микроскопии.

Показано важное значение хроматографического метода анализа при создании первого советского ядерного реактора Ф-1 (июль 1943 года — декабрь 1946 года), позволившего получить компоненты реактора высокой степени очистки [7].

В послевоенные годы метод получил дальнейшее развитие, были разработаны новые варианты хроматографии, а в настоящее время на основе математического моделирования совершенствуется его теоретический аппарат.

Обсуждение. В связи с развитием вычислительной техники становится актуальным вопрос разработки специализированных нейронных сетей, поз-

воляющих предсказывать так называемые индексы удерживания на основании предполагаемой структуры молекулы [8]. Это может быть полезным в процессе идентификации химических соединений без использования стандартных образцов. Кроме того, рассматриваются возможности создания цифровых двойников хроматографических систем для прогнозирования их свойств в процессе эксплуатации. В этом направлении, на основе феноменологической теории механики сплошных гетерогенных сред и понятия многоскоростного континуума, предложенные академиком Р.И. Нигматулиным, сформулирована нестационарная математическая модель движения гомогенной смеси жидкостей в неподвижном твердом пористом сорбенте с учетом адсорбционного взаимодействия между жидкой и твердой фазами, характерного для хроматографического разделения смеси [9].

Заключение. Выполненное теоретическое исследование обозначило направления применения фундаментальной составляющей хроматографии (динамических процессов адсорбции) в годы Великой Отечественной Войны и перспективы развития методов моделирования процессов в химических системах, в том числе разрабатываемых для совершенствования устройств адсорбционной безопасности.

Список источников

- [1] Сенченкова Е.М. *История создания хроматографии и ее научных основ в трудах М.С. Цвета*. Дис. ... д-ра хим. наук. Москва, ИИЕТ РАН, 2000, 55 с.
- [2] Сенченкова Е.М. Творчество М.С. Цвета в восприятии коллег после его жизни. К 150-летию создателя хроматографии. *Научно-технический журнал «Аналитика»*, 2022, т. 12, № 6, с. 450–459. <https://doi.org/10.22184/2227-572X.2022.12.6.450.459>
- [3] Снайдер Л.Р., Киркленд Д.Д., Долан Д.У. *Введение в современную жидкостную хроматографию*. Москва, Техносфера, 2020, 960 с.
- [4] Макарова О., Кулькова Т. *Научный полк: академик Дубинин Михаил Михайлович — лауреат Сталинской премии в области военных наук, генерал-майор*. URL: <https://www.phyche.ac.ru/all-news/mass-media/nauchnyj-polk/item/1082-nauchnyj-polk-akademik-dubinin-mikhail-mikhajlovich-laureat-stalinskoj-premii-v-oblasti-voennykh-nauk-general-major?tmpl=component&print=1&ysclid=mhklozjqwr473957745> (дата обращения 04.11.2025).
- [5] Мельникова Л.В. *Формирование и основные направления развития хроматографии (с 1903 до конца 70-х годов)*. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Москва, ГосНИИ ИРЕА, 1994, 23 с.
- [6] Чмутов К.В. *Подручные средства защиты от отравляющих веществ*. Москва, Госхимиздат, 1942, 38 с.
- [7] Макарова О. *Хроматография для атомного проекта. 75 лет первому советскому ядерному реактору (сетевое издание «Коммерсантъ»)*. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5142407> (дата обращения 04.11.2025).
- [8] Шолохова А.Ю., Матюшин Д.Д. Сравнение опубликованных в 2018–2024 гг. универсальных моделей для предсказания газохроматографических индексов удерживания. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 2024, № 24 (5), с. 711–722. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12510>
- [9] Иванова Ю.П., Иванов М.Ю., Буряк А.К. *Математические модели динамических процессов адсорбции и тепломассопереноса в многокомпонентных смесях*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, 98 с.