



ХРОМАТОГРАФИЯ

Авторы: В. А. Даванков

ХРОМАТОГРАФИЯ (от греч. χρῶμα, род. п. χρώματος – цвет, краска и [...графия](#)), физико-химич. метод разделения смеси веществ, основанный на различии в скоростях их перемещения в системе несмешивающихся и движущихся относительно друг друга фаз. Разделение, т. е. обособление концентрационных зон индивидуальных компонентов исходной смеси, происходит в результате их многократного перераспределения между движущимися относительно друг друга фазами.

Колоночная жидкостная адсорбционная Х. открыта в 1903 М. С. [Цветом](#), который при исследовании природных пигментов заменил обычный процесс жидкостной экстракции динамич. системой, в которой порция смеси пигментов перемещалась потоком растворителя через слой сорбента, помещённого в трубку; при этом пигменты в колонке образовывали отд. окрашенные зоны.

Х. широко используется практически во всех областях науки и техники для выделения, идентификации, количественного определения и/или физико-химич. исследования веществ, начиная от изучения генома человека, медицины, охраны окружающей среды и до пром. процессов гидрометаллургии и очистки воды.

Хроматографич. процессы происходят и в природе, приводя к формированию рудных месторождений или отделению битумов от лёгких фракций нефти.

Из двух обязательных для хроматографич. системы несмешивающихся фаз одну называют неподвижной хроматографич. фазой, другую – подвижной. В качестве первой обычно служит заполняющий хроматографич. колонку или расположенный тонким слоем на подложке твёрдый сорбент (соответственно колоночная и плоскостная Х.), второй – поток газа или жидкости. В зависимости от природы подвижной фазы различают [газовую хроматографию](#) (ГХ), [жидкостную хроматографию](#) (ЖХ) и [сверхкритическую хроматографию](#) (флюидную). ГХ применима

к разделению летучих компонентов; в варианте [капиллярной хроматографии](#) – с нанесённой на внутр. поверхность тонкого (внутр. диаметр менее 0,5 мм, длина порядка 100 м) капилляра плёнкой жидкой неподвижной фазы, особенно с программированием темп-ры колонки, позволяет за время около одного часа разделять до нескольких сотен веществ. Ещё более эффективны совр. [хроматографы](#) для двумерной Х., способные разделять тысячи аналитов. В этом варианте проба исходной смеси сначала поступает в длинную капиллярную колонку, а выходящие из неё малые фракции частично разделённой смеси концентрируются (при низкой темп-ре) и подаются на вторую, короткую колонку, работающую с др. неподвижной фазой или в ином температурном режиме. Там компоненты фракции быстро разделяются дополнительно по иному механизму взаимодействия с неподвижной фазой.

В ГХ разделение веществ в осн. происходит за счёт их разл. растворимости в неподвижной жидкой фазе или разл. адсорбируемости на поверхности твёрдого пористого сорбента. ЖХ, особенно в высокоэффективном варианте (ВЭЖХ) с градиентным программированием элюирующей силы подвижной фазы, предоставляет гораздо больше способов взаимодействия веществ с сорбентом. Вначале широкое применение получила [ионообменная хроматография](#), базирующаяся на электростатич. (ионных) взаимодействиях заряженных аналитов с ионогенными группами ионообменного сорбента. И сейчас ионообменная хроматография на катионитах и/или анионитах незаменима в процессах обессоливания в крупномасштабных системах водоподготовки, в гидрометаллургич. процессах получения редких и благородных металлов, в препаративных процессах получения антибиотиков, ферментов, нуклеиновых кислот, энантиомеров и др. (см. [Препаративная хроматография](#)). В аналитич. масштабе ионная Х. (вариант ионообменной, использующий иониты с очень малой обменной ёмкостью) позволяет точно анализировать ионный состав природных и пром. вод.

В совр. Х. для анализа любых смесей нелетучих соединений, растворимых в водных, органич. или смешанных растворителях, лидирует ВЭЖХ. Высокая разрешающая способность метода (неск. десятков соединений) обеспечивается использованием монодисперсных микросферич. (2–5 мкм в диаметре) пористых или поверхностно-пористых сорбентов, обычно силикагельной природы с набором привитых к

поверхности углеводородных ($C_{18} - C_2$) или функциональных групп. Последние определяют механизм взаимодействия молекул сорбата с поверхностью (дисперсионные, гидрофобные, диполь-дипольные, ионные взаимодействия, образование водородных связей, комплексов и др.). Привитые хиральные группы позволяют разделять энантиомеры (оптич. изомеры) веществ, в т. ч. и в препаративных масштабах. Контроль пористой структуры сорбента даёт возможность разделять вещества в соответствии с размером их молекул (экслюзионная хроматография), что крайне важно для изучения олигомеров, полимеров, белков и даже вирусов и нерастворимых микрочастиц. Высокую селективность относительно индивидуальных биообъектов проявляют сорбенты для аффинной хроматографии, в которых на твёрдой матрице закреплены биоспецифические лиганды, способные образовывать сразу неск. связей с целевыми веществами. Для рутинных скоростных анализов продолжают совершенствоваться методы высокоэффективной тонкослойной хроматографии, где микрочастицы сорбента закреплены на поверхности стеклянной или полимерной пластины, что позволяет одновременно хроматографировать неск. проб либо осуществлять двумерное разделение одной пробы. Бумажная хроматография, в осн. предоставляющая те же возможности, имеет скорее историч. значение.

Арсенал высокоэффективных хроматографич. методов непрерывно расширяется, в частности, с появлением более стабильных и селективных полимерных и органоинеральных сорбентов, новейших методов детектирования и идентификации разделённых компонентов (хромато-масс-спектрометрия, спектрофотометрия, спектрофлуориметрия, поляриметрия, вискозиметрия, ядерный магнитный резонанс и др.), внедрением скоростных поликапиллярных в ГХ и «монолитных» в ЖХ колонок, использованием высоких температур и давлений подвижной фазы, переходом к электрохимич. принципам подачи подвижной фазы (капиллярная электрохроматография), миниатюризацией и автоматизацией аппаратуры.

Литература

Лит.: Snyder L. R., Kirkland J. J. Introduction to modern liquid chromatography. 2nd ed. N. Y., 1979; Киселев А. В., Яшин Я. И. Адсорбционная газовая и жидкостная

хроматография. М., 1979; Даванков В. А., Яшин Я. И. Сто лет хроматографии // Вестник РАН. 2003. Т. 73. № 7; Яшин Я. И., Яшин А. Я. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Состояние и перспективы // Российский химический журнал. 2003. Т. 47. № 1.