

**ФУНКЦИИ СОРБЦИОННО-КОЛОРИСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ.
ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОКРАШЕННЫХ ЗОН
НА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СОРБЕНТАХ**

А.Л.Козлова-Козыревская

к.х.н., доцент

kozyrevskaya@tut.by

УО «Белорусский государственный
педагогический университет имени Максима Танка»

Минск (Республика Беларусь)

А.Ы.Сыдыкова

аспирант

Казахский национальный педагогический университет имени Абая

Алматы (Казахстан)

**FUNCTIONS OF SORPTION-COLOR SENSORS.
GENERAL REGULARITIES OF FORMATION OF COLORED ZONES
ON HIGHLY DISPERSED SORBENTS**

A.L.Kozlova-Kozyrevskaya

Dr. PhD Associate professor

kozyrevskaya@tut.by

Belorussian State Pedagogical University named after Maxim Tank

Minsk (Republic of Belarus)

A.Y.Sydykova

Graduate student

Kazakh National Pedagogical University named after Abai

Almaty, Kazakhstan)

Аннотация. В статье представлен материал исследования функций сорбционно-колористических датчиков на ионы тяжелых металлов методом микромасштабной фронтальной хроматографии.

Abstract. The article presents material for studying the functions of sorption-coloristic sensors for heavy metal ions using microscale frontal chromatography.

Ключевые слова: датчики, сорбция, сорбенты, сорбционно-колористические датчики

Keywords: sensors, sorption, sorbents, sorption-coloristic sensors.

Сорбция микроэлементов высокодисперсными кристаллическими сорбентами в режиме микроколоночной фронтальной хроматографии следует

закономерностям, которые могут быть использованы в целях разработки теории и практики новых разновидностей титриметрической хроматографии [1, с.84-88], представляющих собой методы количественного анализа, пригодные для определения элементов в жидких средах в пределах концентраций 10^{-3} – 10^{-9} моль/л. В этом интервале концентраций, как показали исследования, существует функциональная связь между объемом подвижной фазы, прошедшей через микроколонку до появления окрашенной зоны, и концентрацией сорбируемого элемента. В последующем было установлено, что сходные закономерности имеют место и при сорбции микроэлементов на комплексообразующих сорбентах [2, с.28-44], если продукты сорбции имеют достаточно интенсивную окраску.

При изучении закономерностей формирования окрашенных зон нами использовались хроматографические колонки и условия реализации сорбции микроэлементов, соответствующие проводимым экспериментам. Объем подвижной фазы измерялся с помощью бюретки с ценой деления 0,02 мл. Индикация окрашенной зоны осуществлялась как визуально, так и фотометрически с применением специально сконструированной для этой цели ячейки.

Характер зависимости между измеряемым объемом V и концентрацией микроэлемента в жидкой фазе C_M может быть оценен по полученным данным. В полулогарифмической форме связь между этими величинами выражается вогнутыми кривыми линиями. Зависимость логарифма объема от логарифма концентрации прямолинейна. Обе формы графиков можно рассматривать как градуировочные функции, обращение которых может быть использовано для определения концентраций сорбируемых элементов.

Как следует из приведенных данных, зависимость между V и концентрацией микроэлемента в жидкой фазе C_M соответствует уравнению:

$$\lg V = \lg V_0 - n \lg C_M, \quad (1)$$

где V_0 – объем подвижной фазы, отвечающий появлению сигнала при концентрации металла 1 моль/л, n – угловой коэффициент.

Уравнение (1) отражает физико-химическую сущность взаимодействия между сорбентом и металлом, находящимся в подвижной фазе. Сорбцию в данном случае можно рассматривать как результат обменной реакции между сульфидом цинка, иммобилизованным на носитель, и ионом металла,

содержащимся в контактирующем растворе. В общем виде, исключая для упрощения знаки зарядов металлов, процесс обмена можно представить как:



Поскольку сульфид цинка представляет собой твердую фазу, т.е. находится в стандартном состоянии, а сорбируемый металл содержится в системе в микроколичестве, уравнение (1) можно видоизменить и представить в форме:

$$\lg V = \lg V_0 + n \lg (a_{\text{ZnS}}/a_{\text{Me}}), \quad (3)$$

где a_{ZnS} и a_{Me} – активности сульфида цинка и сорбируемого металла.

Следовательно, процесс, протекающий в микроколонке, может быть охарактеризован с помощью уравнения, сходного с уравнением Гендерсона-Хассельбаха, используемым для описания протолитических процессов как в гомогенных, так и в гетерогенных системах, а также с уравнением Нернста, применяемым к процессам, сопровождающимся переносом электронов [1, с.112]. Общность этих соотношений состоит в том, что измеряемая величина (рН среды, окислительно-восстановительный потенциал или количество вещества сорбируемого элемента, т.е. величина пропорциональная объему) включает два слагаемых, одно из которых представляет константу, зависящую от природы взаимодействующих компонентов, второе – пропорционально логарифму отношения активностей этих компонентов. Коэффициент пропорциональности определяется как свойствами взаимодействующих частиц, так и средой. Таким образом, сорбционный процесс в исследуемых системах можно рассматривать как химическую реакцию обмена катионов или как кислотно-основную реакцию в соответствии с теорией Льюиса-Пирсона.

В соответствии с изложенным выше очевидна целесообразность для оценки факторов, определяющих формирование хроматографических зон, использовать константы уравнения (3). Это согласуется с известными представлениями о влиянии равновесных характеристик на степень обострения сорбционного фронта в колонке [3, с.125-129].

В качестве примеров в таблице 1 приведены значения $\lg V_0$ и n для водных растворов ряда исследуемых металлов. Эти данные получены на микроколонке с сорбентом С-ST в отсутствии фоновых электролитов в жидкой фазе.

Таблица 1. – Константы уравнения (3) для водных растворов металлов.

Исследуемый металл	$\lg V_0$	n
Hg (II)	-2,78	0,38
Cu (II)	-2,81	0,39
Pb (II)	-2,39	0,36
Ag (II)	-2,61	0,35
Bi (III)	-2,51	0,35
Sb (III)	-3,34	0,54

Однако, в плане общего рассмотрения следует отметить, что для практики аналитического применения рассматриваемых контактных систем низкие значения угловых коэффициентов в уравнении (1) скорее могут играть положительную роль, чем отрицательную. Действительно, угловой коэффициент градуировочной функции является мерой инструментальной чувствительности метода [4, с.1708]. В этом смысле низкие значения n нежелательны. Однако, значения порядка десятых долей единицы не обуславливают серьезных препятствий. Так, в уравнении Нернста предлогарифменный коэффициент имеет значение 0,058 и ниже, но это не снижает определяющим образом значение потенциометрии как метода анализа. Погрешности измерения объема по предлагаемому нами методу примерно такие же, как и погрешности измерения потенциала с помощью лабораторного иономера.

С точки зрения протяженности рабочей области измерений низкие величины n следует рассматривать как положительный фактор. При $n \approx 0,3$ изменению объема подвижной фазы на 2 десятичных порядка соответствует изменение концентрации определяемого элемента на 6 порядков. Этим обусловлен относительно широкий интервал рабочей области определяемых концентраций (10^{-3} – 10^{-9} моль/л).

Библиографические ссылки

1. Абугоффа, А.А. Формирование окрашенных хроматографических зон на целлюлозных сорбентах, модифицированных полярными осадками / А.А. Абугоффа. – Автореф. кан. дис. – Минск, 1993. – 214 с.
2. Калинин, А.И. Кинетика ионного обмена в селективных системах / А.И. Калинин, Т.Д. Семеновская, Е.В. Колотинская. – Теория и практика ионообменных процессов. – Воронеж, 1989. – № 20. – С. 28-44.
3. Гельферих, Ф. Иониты / Ф. Гельферих. – М. : Изд-во ин. Лит., 2022. – 211 с.
4. Чарыков, А.К. Селективность методик химического анализа и способы ее численной оценки / А.К. Чарыков. – Журн. аналит. химии, 2004. – Т. 39, № 9. – С. 1708.