

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ СОРБЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОЛИЧЕСТВ СВИНЦА

Яхшиева Хурнисо Шавкатовна

Джизакский государственный педагогический университет,
г. Джизак, Республика Узбекистан

Аннотация. Рассмотрены методические подходы к созданию химически модифицированных сорбентов для концентрирования и сорбционно-фотометрического определения следовых количеств Pb(II) в объектах окружающей среды. Охарактеризованы факторы, влияющие на эффективность извлечения и аналитический сигнал. Предложена схема оценки рабочих характеристик сорбционно-фотометрической системы.

Ключевые слова: свинец, модифицированные сорбенты, сорбция, фотометрия, микроколичества, комплексообразование, экологический мониторинг.

Разработка доступных и чувствительных методов контроля токсичных металлов остаётся актуальной задачей аналитической химии. Свинец способен поступать в окружающую среду с промышленными выбросами, отходами аккумуляторного производства, сточными водами и загрязнёнными почвами. Для питьевой воды Всемирная организация здравоохранения приводит временное нормативное значение содержания свинца 0,01 мг/л [1]. Следовательно, при исследовании природных вод необходимо обеспечивать определение низких концентраций данного элемента, одновременно учитывая влияние сложной матрицы пробы.

Спектральные инструментальные методы позволяют достигать высокой чувствительности, однако требуют специализированного оборудования и квалифицированного обслуживания. Альтернативой для ряда лабораторных задач является предварительное сорбционное концентрирование Pb(II) с последующей фотометрической регистрацией. Использование химически модифицированных носителей позволяет управлять средством поверхности к целевому компоненту и снижать влияние сопутствующих веществ.

В качестве основы сорбционной системы могут рассматриваться силикагель, оксид алюминия, целлюлозные и полимерные материалы, а также активированные угли. Модифицирование поверхности функциональными соединениями, содержащими донорные атомы азота, кислорода или серы, создаёт центры комплексообразования с ионами Pb(II). Конкретный реагент выбирают с учётом его устойчивости на носителе, способности образовывать окрашенные комплексы и возможной конкуренции со стороны других катионов. В качестве кандидатов для отдельной проверки могут выступать дитизон и другие органические хромогенные лиганды; их применимость должна подтверждаться опытным путём.

В упрощённом виде связывание свинца функциональной группой сорбента представляется равновесием: $S-L + Pb^{2+} \rightleftharpoons S-L \cdots Pb^{2+}$, где S — матрица носителя, L — закреплённый комплексообразующий фрагмент. Реальный состав комплекса зависит от строения лиганда, кислотности среды и координационного окружения металла.

Особое значение имеет оптимизация pH: в сильноокислой среде протонирование донорных групп может ослаблять связывание Pb(II), а при повышении pH возможно образование гидролизированных форм и малорастворимых соединений свинца. Дополнительно изучаются длительность контакта фаз, масса сорбента, объём пробы, температура и концентрация сопутствующих электролитов.

Степень сорбционного извлечения определяют по выражению $R = [(C_0 - C_e)/C_0] \cdot 100 \%$, где C_0 и C_e — начальная и равновесная концентрации Pb(II). Сорбционную ёмкость вычисляют как $q = [(C_0 - C_e) \cdot V]/m$, где V — объём раствора, а m — масса сухого сорбента. При измерении концентрации в мг/л, объёма в литрах и массы в граммах величина q выражается в мг/г.

Возможны два варианта анализа: десорбция предварительно сконцентрированного свинца и последующее фотометрическое определение в растворе либо непосредственная регистрация окрашенного комплекса на твёрдой фазе. В первом варианте при соблюдении условий применимости используют закон Бугера–Ламберта–Бера: $A = \varepsilon \cdot l \cdot C$, где A — оптическая плотность, ε — молярный коэффициент поглощения, l — длина оптического пути, C — концентрация аналитической формы. Во втором варианте обязательно учитывают светорассеяние матрицы и строят градуировку на стандартных образцах в сопоставимых условиях.

Для оценки правильности целесообразно проводить опыты с внесёнными добавками Pb(II) и анализ холостых проб. Прецизионность устанавливают по результатам параллельных измерений. Предел обнаружения и диапазон линейности следует определять по экспериментальным данным, не перенося показатели

других систем на разрабатываемый сорбент. Селективность проверяют в присутствии характерных для природной и сточной воды ионов; при необходимости рассматривают маскирование мешающих компонентов.

Предлагаемый подход может использоваться при разработке лабораторных методик контроля свинца в природных, питьевых и сточных водах. Для анализа почвы дополнительно требуется валидированная стадия перевода определяемого компонента в раствор. Совмещение концентрирования с регистрацией фотометрического сигнала потенциально сокращает расход реагентов и обеспечивает возможность работы с малым содержанием металла. Таким образом, функционализация доступных сорбционных матриц представляет перспективное направление создания селективных аналитических систем; окончательные выводы об их преимуществах должны основываться на измеренных метрологических характеристиках и сопоставлении с независимым методом.

Список литературы

1. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda. Geneva: WHO, 2022.
2. World Health Organization. Lead in Drinking-water: Health Risks, Monitoring and Corrective Actions. Technical Brief. Geneva: WHO, 2022.
3. Camel V. Solid phase extraction of trace elements // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2003. Vol. 58, No. 7. P. 1177–1233.