

8. Arya S.P., Mahajan M., Jain P. // Anal. Sci. -1998. -14. -P. 889—895.
9. *Руководство по неорганическому синтезу: В 6 т. / Пер. с нем. под ред. Г. Брауэра.* -М.: Мир, 1986.
10. Wu H. // J. Biol. Chem. -1920. -43. -P. 189—220.
11. Papaconstantinou E., Pope M.T. // Inorg. Chem. -1967. -6, № 6. -P. 1152—1155.
12. Sanchez C., Livage J., Launay J.P. et al. // J. Amer. Chem. Soc. -1982. -104, № 2. -P. 3194—3202.
13. Дорохова Е.Н., Тарасова Н.С. // Журн. неорганической химии. -1978. -№ 6. -С. 1529—1534.
14. Омельченко В.А., Цыганок Л.П., Вишник А.Б и др. // Кирдинац. химия. -1990. -16, № 2. -С. 212—217.
15. Cunniff P. Official methods of analysis of the AOAC, 16-th. ed. -Maryland: AOAC International, 1999.
16. Девис М., Остин Дж., Патридж Д. Витамин С. -М.: Мир, 1999.

Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара

Поступила 25.09.2009

УДК 543.33:546.55:546.06

В.Н. Лещенко, Е.Б. Андрианова, А.Я. Грицкив, А.К. Трофимчук

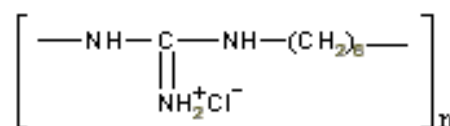
СОРБЦИОННО-АТОМНО-ЭМИССИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРИЛОНА Б, ФИКСИРОВАННОГО НА СИЛИКАГЕЛЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ПОЛИАМИНАМИ

Синтезирован супрамолекулярный сорбент с функциональными этилендиаминтетраацетатными группами, определены оптимальные условия его получения. Изучены его сорбционные свойства по отношению к ионам меди (II), никеля (II), цинка (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II), установлены условия группового концентрирования и последующей десорбции переходных металлов. Разработана методика их сорбционно-атомно-эмиссионного определения в природных и питьевых водах.

ВВЕДЕНИЕ. Широкое использование сорбционных методов разделения и концентрирования элементов требует поиска и разработки новых типов сорбентов. Избирательность и эффективность сорбентов определяется, прежде всего, наличием в полимерной матрице или поверхностном слое сорбента функционально-аналитических групп, которые в соответствии с природой содержащихся в них донорных атомов и их стехиометрическими возможностями образуют различающиеся по устойчивости комплексы с ионами металлов. Структура и свойства матрицы также существенно влияют на свойства сорбента. Извлечение ионов металлов из растворов комплексообразующими сорбентами на основе кремнезема — один из наиболее перспективных методов концентрирования микроэлементов [1—3].

Широкие возможности открываются с применением сорбентов, в которых закрепление органического комплексообразующего реагента на поверхности происходит через промежуточный слой полимерных молекул, в качестве которого часто используют полиамины. Нами показано, что

для этих целей целесообразно использовать водорастворимый полимер полигексаметиленгуанидин хлорид (ПГМГХ) [4]:



где n в промышленных образцах находится в пределах от 30 до 90. Фиксация полигексаметиленгуанидин хлорида на поверхность силикагеля происходит за счет многоцентрового связывания ПГМГ с силанольными группами поверхности, а также за счет сил Ван-дер-Ваальса. В то же время часть аминогрупп не участвует во взаимодействии с поверхностью и может выступать в качестве “активных” групп для дальнейшего взаимодействия с органическими реагентами, в состав которых входят кислотные группы (—SO₃H, —COOH). В связи с этим представляет интерес изучение взаимодействия силикагеля с фиксированным на поверхности полигексаметиленгуанидин хлоридом с динатриевой солью этилендиаминтетраацетатной кислоты

© В.Н. Лещенко, Е.Б. Андрианова, А.Я. Грицкив, А.К. Трофимчук, 2010

ты (ЭДТА), являющийся общим неспецифическим групповым реагентом, который образует устойчивые координационные соединения более чем с 20 ионами металлов [5].

В работах [5—9] описаны комплексообразующие свойства и химическое взаимодействие $N(CH_2COOH)_2$ -групп, ковалентно связанных с поверхностью силикагеля. Известны сорбенты на основе полимерной матрицы, в состав которой входят иминодиацетатные группы [5—7]. К недостаткам этих сорбентов следует отнести сложность и трудоемкость их синтеза, невысокую обратимость сорбции–десорбции и низкие кинетические характеристики. При синтезе химически модифицированных силикагелей с функциональными группами $N(CH_2COOH)_2$ используют дорогостоящие модификаторы и органические растворители, что ограничивает их практическое использование [8, 9].

Цель настоящей работы — изучение условий получения супрамолекулярного сорбента на основе силикагеля, импрегнированного полигексаметиленгуанидином, с функциональными группами ЭДТА и его сорбционной активности по отношению к ионам тяжелых и цветных металлов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Исходные растворы ионов металлов с концентрацией 0.1 моль/дм³ готовили с использованием аттестованных растворов МСО СКТЬ, ОП ФХИ им. А.В. Богатского НАН Украины (Одесса), растворы с меньшими концентрациями — разведением исходных растворов дистиллированной водой непосредственно перед экспериментом. Необходимое значение pH создавали добавлением HCl, HNO₃ либо NaOH и контролировали pH-метром-милливольтметром pH-150M.

Равновесную концентрацию ЭДТА определяли обратным титрованием сульфата магния раствором этилендиамина тетраацетата натрия с известной концентрацией с индикатором эриохром черный Т [10]. Концентрацию сорбированных ЭДТА-групп рассчитывали как разницу между начальной и равновесной концентрацией ЭДТА в растворах либо проводили десорбцию ЭДТА с поверхности сорбента 0.1 М хлористоводородной кислотой, а далее определяли количество органического углерода в десорбате с использованием анализатора общего органического углерода фирмы Shimadzu.

Сорбцию металлов изучали в статическом и динамическом режимах. Полноту сорбции рас-

считывали как разницу между начальной и равновесной концентрацией металла в водной фазе.

Равновесные концентрации металлов определяли спектрофотометрическим методом по интенсивности окраски комплексов меди (II), цинка (II), свинца (II) и кобальта (II) с 4-(2-пиридилазо)резорцином [11], никеля (II) — с диметилглиоксимом [12], а также методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой I CAP 6500 DUO.

Все сорбенты были синтезированы на основе силикагеля Silika Gel 60 фирмы Merck (фракция 0.16—0.2 мм, средний диаметр пор 12 нм, удельная поверхность 260 м²/г).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Фиксацию полигексаметиленгуанидин хлорида на поверхности дисперсных носителей проводили в статических условиях сорбции. Синтез силикагеля с импрегнированным на его поверхности полигексаметиленгуанидин хлоридом осуществляли следующим образом. В круглодонную колбу объемом 2 дм³ вносили 10 г ПГМГХ (товарный продукт полисепт, M~10000), добавляли 250 см³ дистиллированной воды и перемешивали при помощи механической мешалки при комнатной температуре в течение 60 мин до полного растворения ПГМГХ. После этого к полученному раствору добавляли 100 г силикагеля и перемешивали на протяжении 2 ч. Полученный сорбент переносили в аппарат Соксклета и отмывали от излишка ПГМГХ дистиллированной водой на протяжении 12 ч. Далее сушили под вакуумом при температуре 80 °С с помощью водоструйного насоса для удаления избытка влаги. Поверхностная концентрация ПГМГ-групп в расчете на молекулярную массу полимерного звена составляла 0.5 ммоль/г. В результате вышеописанного синтеза на поверхности SiO₂ осуществлялось прочное закрепление полигексаметиленгуанидин хлорида: ПГМГ не смывался с поверхности силикагеля разбавленными растворами кислот. Частично десорбция происходила лишь при использовании концентрированных HCl и HNO₃.

При исследовании условий получения СГ-ПГМГ-ЭДТА в конические колбы объемом 25—50 см³ вносили 0.5000 г ПГМГ-СГ, добавляли 25 см³ 0.02 М раствора ЭДТА с различным уровнем кислотности pH от 1 до 7. Время контакта фаз варьировали от 5 до 60 мин. Далее раствор декантировали и определяли равновесную концентрацию ЭДТА.

Время установления сорбционного равновесия при извлечении этилендиаминтетрауксусной кислоты составляет 15 мин. Установлено, что сорбция ЭДТА существенно зависит от уровня кислотности (рис. 1). Максимальное извлечение ЭДТА из раствора наблюдается в области pH 2.7—3. При последующем увеличении кислотности происходит резкое уменьшение сорбции ЭДТА и визуально наблюдается выпадение осадка, что связано с уменьшением растворимости этилендиаминтетраацетата натрия и образованием в растворе при pH 1.6—1.8 его незаряженной формы — этилендиаминтетрауксусной кислоты [5].

Изотермы сорбции этилендиаминтетраацетата натрия, приведенные на рис. 2, можно отнести к L-типу [13], что свидетельствует о химической природе взаимодействия СГ-ПГМГ с ЭДТА. Максимальная сорбционная емкость по ЭДТА, рассчитанная из изотерм сорбции при pH 3 и 5, составляет 0.052 и 0.016 ммоль/г соответственно.

Следует отметить, что этилендиаминтетраацетат натрия жестко не зафиксирован на поверхности сорбента. Исследования показали, что десорбция ЭДТА с поверхности СГ-ПГМГ-ЭДТА начинается при pH 3 и происходит количественно в среде 0.1 М растворов HCl либо HNO₃. Это позволяет легко десорбировать с поверхности СГ-ПГМГ-ЭДТА комплексы металлов с их последующим определением в элюате.

На основании проведенных исследований предложена следующая методика синтеза СГ-ПГМГ-ЭДТА. В круглодонную колбу объемом 2 дм³ к предварительно синтезированному СГ-ПГМГ массой 40 г добавляли 200 см³ 0.01 М ЭДТА, создавали pH 2.7—3.0 и контактировали

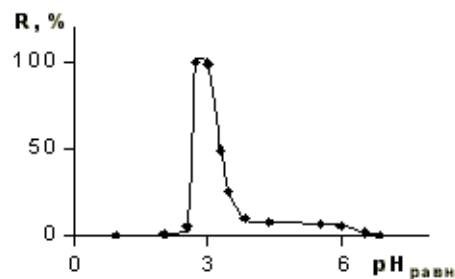


Рис. 1. Зависимость сорбции этилендиаминтетраацетата натрия на поверхности СГ-ПГМГ от pH. $V=25 \text{ см}^3$, $m=0.5 \text{ г}$, $C_{\text{ЭДТА}}=0.002 \text{ М}$, $\tau=30 \text{ мин}$.

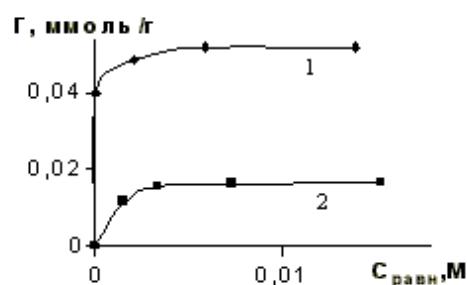
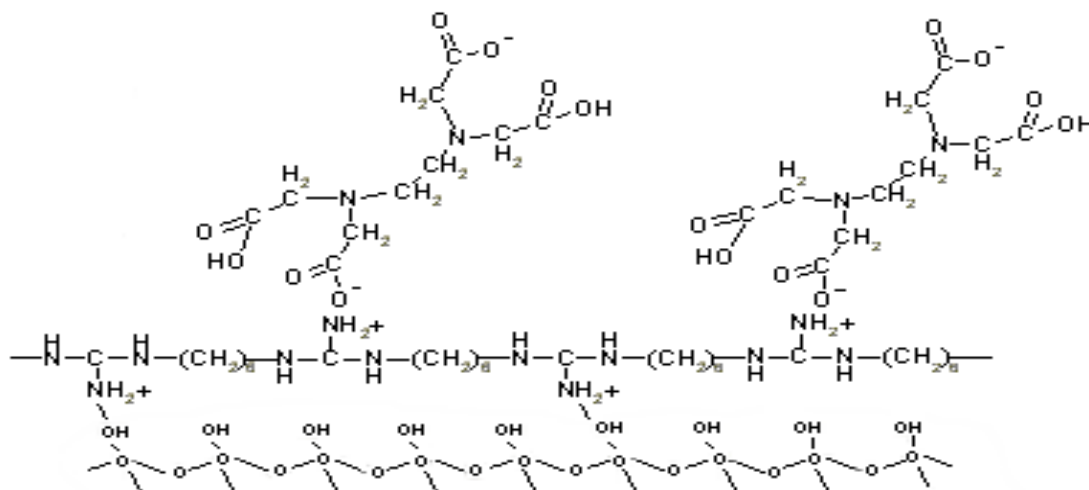


Рис. 2. Изотермы сорбции этилендиаминтетраацетата натрия на поверхности СГ-ПГМГ: 1 — pH 3; 2 — pH 5. $V=25 \text{ см}^3$, $m=0.5 \text{ г}$, $\tau=30 \text{ мин}$.

на протяжении 30—40 мин. Полученный сорбент переносили на фильтр воронки Бюхнера, промывали большим количеством дистиллированной воды под давлением водоструйного насоса до полного удаления избытка ЭДТА и сушили при температуре 80 °С для удаления избытка влаги.

Концентрация функциональных ЭДТА-групп сорбента составляла 0.04—0.045 ммоль/г в зависимости от уровня pH, при котором осуществлялась



фиксация этилендиаминтетраацетата натрия на поверхности.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что при взаимодействии ЭДТА с силикагелем, импрегнированным полигексаметиленгуанидином, образуются супрамолекулярные фрагменты со структурой, приведенной выше на схеме.

Нами были исследованы в статическом и динамическом режимах сорбционные характеристики СГ-ПГМГ-ЭДТА по отношению к ионам меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II), кадмия (II) и свинца (II). Сорбцию железа (III) не изучали, так как образование комплексов железа с ЭДТА в растворах происходит в интервале значений pH 0.5—0.9 [5], при котором этилендиаминтетраацетат десорбируется с поверхности СГ-ПГМГ-ЭДТА.

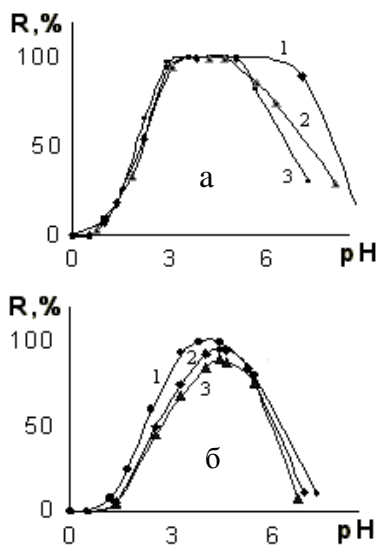


Рис. 3. Зависимость сорбции ионов металлов на СГ-ПГМГ-ЭДТА от pH: 1 — Cu(II); 2 — Ni(II); 3 — Pb(II) (а); 1 — Zn(II); 2 — Cd(II); 3 — Co(II) (б). $V=25 \text{ см}^3$, $m=0.5 \text{ г}$, $C_M=1 \cdot 10^{-5} \text{ М}$, $\tau=30 \text{ мин}$.

Оптимальными условиями извлечения исследуемых металлов из растворов является pH 3—6 (рис. 3). При этом степень сорбции меди (II), никеля (II), свинца (II) и цинка (II) составляет более 99 %, а кобальта (II) и кадмия (II) — 95 %. Диапазон pH максимального извлечения ионов металлов совпадает с диапазоном pH образования их комплексов с ЭДТА в водных растворах [5]. Понижение степени извлечения из растворов с $\text{pH} < 2$ связано не только с уменьшением устойчи-

вости комплексов металлов с ЭДТА, но и с разрушением супрамолекулярных фрагментов вследствие десорбции этилендиаминтетраацетата с поверхности сорбента. Величины pH 50 %-й сорбции катионов металлов составляют 1.8, 1.9, 2.0, 2.2, 2.4 и 2.5 для Cu(II), Ni(II), Pb(II), Zn(II), Cd(II) и Co(II) соответственно. Порядок сорбции катионов согласуется с порядком уменьшения констант устойчивости аналогичных комплексов в водных растворах [14]. При значениях $\text{pH} > 7$ наблюдается уменьшение степени извлечения катионов металлов, что обусловлено образованием в растворе различных форм гидроксокомплексов металлов и отсутствием их взаимодействия с комплексообразующими группами сорбента.

Исследование кинетики сорбции металлов на СГ-ПГМГ-ЭДТА показало, что сорбционное равновесие устанавливается достаточно быстро и не превышает 5 мин при комнатной температуре для всех исследуемых катионов.

В оптимальных условиях были исследованы зависимости сорбции металлов от их концентрации в растворе. На рис. 4 приведены изотермы Cu(II), Ni(II), Pb(II), Zn(II), Cd(II) и Co(II). Изотермы сорбции могут быть отнесены к L-типу, что свидетельствует о наличии специфического взаимодействия ионов металлов с поверхностью сор-

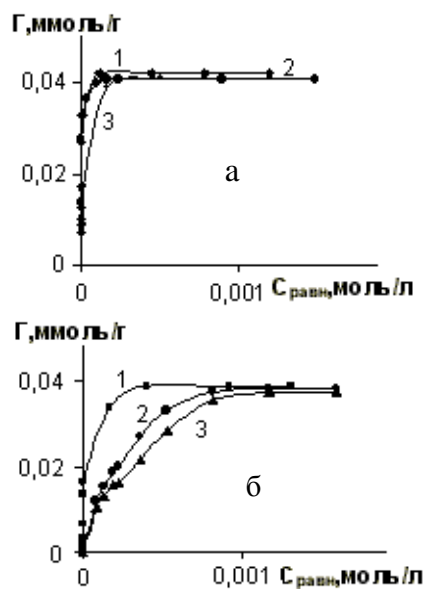


Рис. 4. Изотермы сорбции катионов металлов на поверхности СГ-ПГМГ-ЭДТА. $V=25 \text{ см}^3$, $m=0.5 \text{ г}$, $\tau=10 \text{ мин}$, $\text{pH} 4$, $C_{\text{ЭДТА}}=0.045 \text{ ммоль/г}$. Обозначения кривых те же, что и на рис. 3.

бента и высокой сорбционной способности СГ-ПГМГ-ЭДТА по отношению к низким концентрациям исследуемых металлов. Это, в свою очередь, позволяет надеяться на высокую эффективность извлечения данных катионов из растворов с их низкими концентрациями. Максимальная емкость составляет 0.04 ммоль/г сорбента. Соотношение концентрации ЭДТА, закрепленного на поверхности СГ-ПГМГ, к концентрации исследуемых металлов позволяет сделать вывод об образовании на поверхности комплексов состава М:ЭДТА = 1:1. Данное соотношение идентично составам комплексов металлов с этилендиаминтетраацетатом натрия, образующихся в водных растворах [10]. Коэффициенты распределения Cu(II), Ni(II), Pb(II) и Zn(II) для СГ-ПГМГ-ЭДТА, рассчитанные из горизонтальных участков изотерм сорбции, достигают значения $2 \cdot 10^4 \text{ дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$. Это свидетельствует о возможности проведения эффективного сорбционного концентрирования исследуемых металлов из больших объемов растворов, содержащих их низкие концентрации. Для Cd(II) и Co(II) коэффициент распределения на порядок ниже и составляет $1 \cdot 10^3 \text{ дм}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Известно, что ЭДТА образует устойчивые комплексы с катионами кальция и магния, содержащимися в природных водах в концентрациях, на несколько порядков превышающих концентрации исследуемых металлов, а концентрации кальция и магния в питьевых водах не должны превышать 150 и 30 мг/см³ соответственно [15–17]. Комплексонаты этих элементов образуются в водных растворах в широком диапазоне рН — от 4 до 12 [5].

В связи с этим была исследована сорбция переходных металлов в присутствии различных концентраций кальция и магния в статических и динамических условиях при различных значениях рН, объема водной фазы, времени контакта фаз и скорости пропускания раствора. Установлено, что статический метод концентрирования микроэлементов малоэффективен при наличии в водных растворах даже незначительных концентраций щелочно-земельных металлов. В динамических условиях при значениях рН 3–4 извлечению меди (II), никеля (II), цинка (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II) не мешают катионы кальция и магния при их суммарной концентрации, не превышающей 0.25 г/дм³. При большем содержании щелочно-земельных металлов в растворе их влияние можно нивелировать увеличением на-

вески сорбента. Установлено, что в динамических условиях скорость пропускания растворов не должна превышать 0.5 см³/мин. В зависимости от содержания ионов переходных металлов пропускаемый объем анализируемого раствора можно изменять в широких пределах от 25 до 250 см³, сорбция при этом остается количественной.

Изучение десорбции переходных металлов с поверхности СГ-ПГМГ-ЭДТА хлористоводородной и нитратной кислотами разных концентраций показали, что десорбция исследуемых металлов лучше всего осуществляется 0.1 М HNO₃.

Как указано в работе [5], все катионы 3d-элементов в двухвалентном состоянии образуют с ЭДТА при рН < 3 протонированные комплексонаты, устойчивость которых, по сравнению с непротонированными формами, уменьшается незначительно. Таким образом, разрушения хелатной структуры комплекса при десорбции металлов растворами кислот не происходит и при десорбции в раствор переходят комплексонаты меди (II), никеля (II), цинка (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II).

Как указывалось ранее, полигексаметиленгуанидин на поверхности силикагеля закреплен прочно и его десорбция даже растворами концентрированных кислот осуществляется лишь на 5–10 %. Это делает возможным восстановление супрамолекулярного слоя сорбента после десорбции катионов переходных металлов путем повторного импрегнирования ЭДТА на поверхность СГ-ПГМГ.

Проведенные исследования положены в разработку сорбционно-атомно-эмиссионного определения цветных и тяжелых металлов в питьевых и природных водах.

При определении меди (II), никеля (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II) методом “введено–найдено” создавали модельные растворы. Для этого в 25 см³ воды с рН 3.5 (устанавливали 0.1 М раствором HNO₃) вводили различные концентрации переходных металлов — 64 и 48 мг/см³ Ca(II) и Mg(II) соответственно (среднее содержание в питьевых водах). Раствор пропускали через колонку с 1 г сорбента со средней скоростью 0.5 см³/мин, десорбировали 10 см³ 1 М HNO₃ и определяли содержание металлов в элюате атомно-эмиссионным методом.

При определении переходных металлов в колодезной и водопроводной воде 100 см³ воды с рН 3.5 (создавали 0.1 М раствором HNO₃) про-

Результаты определения переходных металлов сорбционно-атомно-эмиссионным методом в модельном растворе (I), колодезной (II) и водопроводной (III) водах ($n=4$, $P=0.95$)

| Тип воды | Введено, мкг (исходная концентрация, мг/дм ³) | Найдено, мкг, $x \pm \Delta x$ (S_p) | ПДК* мг/дм ³ | Тип воды | Введено, мкг (исходная концентрация, мг/дм ³) | Найдено, мкг, $x \pm \Delta x$ (S_p) | ПДК* мг/дм ³ |
|-------------------|---|--|-------------------------|-----------------|---|--|-------------------------|
| Ион меди (II) | | | | | | | |
| I | 12.2 (0.49) | 12.3 ± 0.6 (0.05) | 1.0 | | 10.6 (0.42) | 10.1 ± 0.4 (0.03) | |
| | 24.4 (0.98) | 24.9 ± 1.2 (0.05) | | II | 14.2 (0.57) | 14.2 ± 0.2 (0.01) | |
| | 36.6 (1.46) | 36.6 ± 1.8 (0.05) | | III | — | 0.18 ± 0.003 (0.01) | |
| | 48.8 (1.95) | 48.6 ± 1.9 (0.04) | | | — | 0.20 ± 0.006 (0.02) | |
| II | — | 0.3 ± 0.0 (0.07) | | Ион никеля (II) | | | |
| III | — | 0.6 ± 0.1 (0.08) | | I | 3.8 (0.15) | 3.8 ± 0.1 (0.02) | 0.1 |
| Ион кадмия (II) | | | | | 7.5 (0.30) | 7.4 ± 0.2 (0.03) | |
| I | 0.12 (0.0048) | 0.12 ± 0.01 (0.04) | 0.001 | | 11.3 (0.45) | 11.2 ± 0.3 (0.02) | |
| | 0.23 (0.0092) | 0.23 ± 0.01 (0.05) | | II | — | 0.18 ± 0.1 (0.07) | |
| | 0.33 (0.0132) | 0.33 ± 0.01 (0.04) | | III | — | 0.31 ± 0.1 (0.06) | |
| | 0.47 (0.0188) | 0.45 ± 0.01 (0.02) | | Ион свинца (II) | | | |
| II | — | 0.01 ± 0.001 (0.20) | | I | 3.41 (0.14) | 3.64 ± 0.07 (0.02) | |
| III | — | 0.02 ± 0.002 (0.09) | | | 6.81 (0.27) | 6.15 ± 0.21 (0.03) | |
| Ион кобальта (II) | | | | | 10.22 (0.41) | 9.59 ± 0.21 (0.02) | |
| I | 3.5 (0.14) | 3.5 ± 0.1 (0.02) | 0.1 | | 13.63 (0.55) | 13.46 ± 0.54 (0.04) | |
| | 7.5 (0.30) | 6.8 ± 0.4 (0.06) | | II | — | 0.20 ± 0.01 (0.03) | |
| | | | | III | — | 0.40 ± 0.01 (0.07) | |

* ПДК в питьевой воде согласно данным работ [15–17].

пускали через колонку с 2 г сорбента со средней скоростью 0.5 см³/мин, десорбировали 10 см³ 1 М HNO₃ и определяли содержание металлов в элюате атомно-эмиссионным методом. Результаты определения меди (II), никеля (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II) в модельных растворах и природных водах, приведенные в таблице, свидетельствуют об удовлетворительной воспроизводимости методики.

Изучали возможность многостадийной сорбции–десорбции переходных металлов исследуемым сорбентом. Для этого через колонку, заполненную 2.0 г СГ-ПГМГ-ЭДТА, пропускали модельный раствор металлов, десорбировали комплексы [МЭДТА]²⁻ с поверхности СГ-ПГМГ 10 см³ 1 М нитратной кислоты и промывали сорбент дистиллированной водой до нейтральной реакции. Затем восстанавливали супрамолекулярный слой, для чего пропускали 25 см³ 0.02 М раствора ЭДТА с рН 3 со средней скоростью 0.5 см³/мин

и отмывали полученный СГ-ПГМГ-ЭДТА дистиллированной водой от избытка этилендиаминтетраацетата натрия. Через готовый сорбент опять пропускали модельный раствор переходных металлов и процедуру повторяли 8 раз. Степень извлечения меди (II), никеля (II), свинца (II), кадмия (II) и кобальта (II) из модельных растворов во всех случаях составляла 99–100 %, десорбция также проходила количественно.

Таким образом, синтезированный нами супрамолекулярный сорбент, импрегнированный полигексаметилен гуанидином, с функциональными группами этилендиаминтетраацетата не уступает по своим характеристикам химически модифицированным силикагелям с иминодиацетатными группами [6–9], однако его значительным преимуществом является простота синтеза, невысокая стоимость расходных материалов и отсутствие токсичных компонентов.

РЕЗЮМЕ. Синтезовано супрамолекулярний сорбент із функціональними етилендіамінтетраацетатними групами, визначено оптимальні умови його одержання. Вивчено його сорбційні властивості стосовно йонів міді (II), нікелю (II), цинку (II), свинцю (II), кадмію (II) та кобальту (II), встановлено умови групового концентрування і наступної десорбції перехідних металів. Розроблено методику їхнього сорбційно-атомно-емісійного визначення в природних і питних водах.

SUMMARY. Supramolecular sorbent with functional groups of ethylenediaminetetraacetate was synthesized. Optimal conditions for synthesis were determined. Sorption properties for copper (II), nickel (II), zinc (II), lead (II), cadmium (II) and cobalt (II) were studied. Conditions of group concentration and the following desorption of transition metals were established. The method of their sorption-atomic-emission determination in natural and sweat waters was developed.

1. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Морсанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов: применение в неорганическом анализе. -М.: Наука, 2007.
2. Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю., Сердан А.А. и др. Химия привитых поверхностных соединений. -М.: Физматлит, 2003.
3. Лисичкин Г.В., Кудрявцев Г.В., Несторенко П.Н. // Журн. аналит. химии. -1983. -С. 1684—1705.

4. Trofimchuk A.K., Maglovana T.V., Leshchenko V.N. // Polish. J. Chem. -2008. -**82**. -Р. 453—459.
5. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Колпакова И.Д. Комплексоны. -М.: Химия, 1970.
6. Цизин Г.И., Формановский А.А., Михура И.В. и др. // Журн. неорган. химии. -1990. -**35**, № 4. -С. 960.
7. Кудрявцев Г.В., Иванов В.М., Лисичкин Г.В. // Докл. АН СССР. -1980. -**250**, № 3. -С. 635—638.
8. Лисичкин Г.В., Кудрявцев Г.В., Иванов В.М., Фигуровская В.Н. // Журн. ВХО им Д.И. Менделеева. -1979. -**24**, № 3. -С. 294—295.
9. А.с. СССР, № 850204. -Бюл. изобрет., 1981. -№ 28.
10. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. -М.: Химия, 1970.
11. Иванов А.В., Фигуровская В.Н., Иванов В.М. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. -1992. -**33**, № 6. -С. 570—574.
12. Органические реактивы для определения неорганических ионов, Ni. -М.: НИИТЭХИМ, 1970.
13. Giles C.N., McEvans T.H., Nakhva S.N., Smith D. // J. Chem. Soc. -1960. -**9**. -Р. 3943.
14. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии: Справ. изд. -6-е изд., перераб и доп. -М.: Химия, 1989.
15. ГОСТ 2874-82. Вода питна.
16. ДержсанПін-96. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання.
17. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.

Институт биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко
НАН Украины, Киев

Поступила 08.10.2009