

УДК 543:546.763:546.766:543-414:543.054.001.6

А. Н. Чеботарёв, Е. М. Гузенко

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра аналитической химии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХРОМА В РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТАХ

На основании анализа литературных данных о возможности использования динамического концентрирования хрома(III) и хрома(VI) в различных объектах, рассмотрено влияние ряда факторов, влияющих на эффективность концентрирования. Проведена классификация вариантов извлечения элементов из вод различных категорий в динамическом режиме в зависимости от способа концентрирования, используемых для решения аналитических или технологических целей. Изучены закономерности динамического извлечения комплексов дифенилкарбазоната хрома(III) и кармоазоната хрома(III) катионообменником КУ-2-8 и анионообменником АВ-17-8, соответственно. Результаты исследований позволили предложить варианты индикаторных трубок для определения хрома(VI) в водах разных категорий.

Ключевые слова: хром(III), хром(VI), сорбенты, концентрирование, определение.

Одной из важнейших задач при контроле за содержанием тех или иных токсичных компонентов с целью обеспечения безопасности существования человека, является необходимость проведения анализа большого количества проб сложного состава (воздуха, почвы, водных сред, биологических жидкостей и др.). Эта проблема решается различными физико-химическими методами в лабораторных условиях, однако наблюдается стремительный рост так называемых полевых аналитических технологий [1]. Они предполагают использование в аналитических процедурах биологических и химических сенсоров, а также других вариантов тест-методов [2]. Эта тенденция связана с необходимостью приблизить источник получения информации о составе анализируемой пробы непосредственно к месту события и по возможности сделать его индивидуальным, экономичным и экспрессным.

Одним из высокотоксичных элементов, требующих строгого контроля в природных и промышленных водах, является хром. Предельно допустимая концентрация (ПДК) хрома(VI) составляет 0,05 мг/л, а хрома(III) — 0,50 мг/л [5]. Для водоёмов санитарно — бытового водопользования рекомендовано ПДК хрома(VI) и хрома(III) — 0,10 и 0,50 мг/л соответственно [4]. Для сточных вод, которые сбрасываются после очистки в водоёмы рекомендовано полное отсутствие хрома(VI), а для хрома(III) допустима концентра-

ция 0,10 мг/л [5]. Необходимость экспрессного определения хрома(VI) на месте отбора пробы обусловлена его способностью адсорбироваться стенками посуды при транспортировке анализируемой пробы и частично переходить в хром(III) в присутствии восстановителей. В связи с этим возникает потребность в экспресс-методах, позволяющих применять аналитические реакции и реагенты в формах, обеспечивающих получение визуально наблюдаемого или легко измеряемого аналитического эффекта [2].

Для достижения этой цели большими возможностями и перспективами обладают "on-line" и "off-line" системы, включающие динамическое концентрирование в сочетании с атомно-абсорбционным (пламенный и не пламенный варианты), атомно-эмиссионным с ИСП, спектрофотометрическим и другими методами детектирования аналитического сигнала. При реализации таких систем относительное и абсолютное концентрирование позволяет существенно снизить пределы обнаружения искомых веществ, улучшить воспроизводимость результатов определения [6, 7].

В "on-line" варианте сочетание проточного концентрирования и определения не требует выделения зоны концентрата из потока и предоставляет возможность автоматизации всего цикла определения, включающего стадию концентрирования. В этом случае сорбция, десорбция и определение компонентов осуществляются в циклическом режиме, причём предполагается многократное использование сорбента без изменения его свойств. Следует также отметить, что необходимость десорбции неизбежно приводит к разбавлению концентрата, к его размыванию (дисперсии) в потоке при доставке в проточный детектор. Кроме того, проточное концентрирование целесообразно использовать только в том случае, когда время концентрирования соизмеримо со временем последующего детектирования, в противном случае возрастают непродуктивные затраты за счёт "холостой" работы детектора [6].

"Off-line" вариант динамического концентрирования включает стадии сорбции и определения, которые независимы и разделены во времени. Эти методы трудно автоматизировать, однако они обладают определёнными достоинствами по сравнению с "on-line" режимом, и в первую очередь обеспечивает разработку унифицированных процедур пробоподготовки. После технически простого динамического "off-line" сорбционного концентрирования проб вод разных категорий, вытяжек из почв и растений получают жидкие или твёрдые концентраты, пригодные для длительного хранения и транспортировки, которые можно проанализировать в лабораторных условиях многими методами. Дополнительным преимуществом "off-line" варианта является возможность его использования при сочетании проточного сорбционного концентрирования с такими высокоточными и селективными методами определения как нейтронно-активационный и рентгенофлуоресцентный [6].

Возможность решения задач концентрирования в "on-line" или "off-line" режимах оценивается только с учётом соблюдения комплекса условий в целом для всей системы. Например, свойствами

сорбента и растворителя (обычно вода), а также растворённых компонентов, включая извлекаемый микрокомпонент, объём колонки для концентрирования, размером и формой частиц сорбента, объёмной скоростью пропускания адсорбата и др.

В настоящее время в "off-line" и "on-line" сорбционно-спектрометрических методах определения, например, ионов металлов, используют разнообразные по природе и структуре поверхности сорбенты, которые наряду с хорошей поглотительной способностью и избирательностью должны быть легко регенерируемыми, химически и механически устойчивыми. Последними факторами экспериментаторы руководствуются при конечном выборе метода с учётом поставленной задачи концентрирования.

Известно, что метод концентрирования микроэлементов из вод различных категорий с использованием природных и синтетических сорбентов может быть реализован в следующих вариантах: статический метод — встряхивание или перемешивание раствора с сорбентом; динамический метод — пропускание раствора через слой сорбента, помещённого в колонку; метод многократного фильтрования через специальные мембранные фильтры или через фильтры с нанесёнными на них сорбентами и другие способы [6–11]. При выборе какого-либо из этих методов главным образом руководствуются объёмом анализируемой пробы воды, необходимостью последующей обработки сорбента и использования физико-химического метода определения целевого компонента. Статический вариант сорбции обычно применяют при объёме анализируемой пробы не более 1 л, чаще 100 ÷ 500 мл. Этот метод наиболее приемлем, если не требуется последующее отделение микроэлементов от сорбента. Сорбционное концентрирование в динамическом режиме обычно используют, если в последующем проводят отделение микроэлементов десорбцией и для больших объёмов воды, например 5 ÷ 20 л, а также в варианте тест-систем в полевых условиях [2, 7, 10]. В случае динамического концентрирования, по сравнению со статическим, можно достичь значительных значений коэффициента концентрирования, исчисляемого несколькими тысячами. Использование специальных устройств, в которых сосуды с отобранными пробами присоединены к мембранным фильтрам и колонкам с сорбентом, позволяет уменьшить возможность загрязнения проб [6].

Сорбционное концентрирование в динамических условиях применяют как для извлечения металлов в виде катионов, анионов и их комплексов, так и в сочетании с известными способами предварительного получения окрашенного соединения с органическим или неорганическим реагентом в растворе, а также в фазе сорбента или на поверхности другого носителя [12, 6, 13–16].

Таким образом, в зависимости от способа концентрирования можно предложить следующую классификацию вариантов извлечения элементов из вод различных категорий в динамическом режиме, используемых для решения аналитических (а, б, в, г) или технологических задач (д):

- а** — сорбируют определяемый ион, затем обрабатывают концентрат органическим (неорганическим) реагентом с дальнейшим использованием физико-химического метода определения;
- б** — предварительно подготовленный раствор комплекса металла с органическим (неорганическим) реагентом сорбируют на поверхности носителя, а затем анализируют твёрдую фазу на содержание самого комплекса, либо металла-комплексобразователя;
- в** — одним из известных способов, наносят на поверхность носителя органический (неорганический) реагент, а затем пропускают через модифицированный сорбент раствор, содержащий ион металла, который сорбируется по механизму комплексообразования с иммобилизованным реагентом;
- г** — предварительно подготовленный раствор комплекса металла с органическим (неорганическим) реагентом сорбируют на поверхности носителя, а затем элюируют его и определяют в растворе каким-либо физико-химическим методом;
- д** — ион металла извлекают подходящим сорбентом; полученный концентрат данного иона обрабатывают соответствующим элюентом с целью регенерации сорбента и дальнейшего его использования.

В таблице приведены результаты по использованию вышеперечисленных вариантов динамического сорбционного концентрирования при извлечении хрома(III) и хрома(VI) из объектов различной природы с последующим его определением. В первой колонке буквами а, б, в, г и д обозначены указанные варианты сорбционного извлечения хрома.

Как следует из табличных данных, в большинстве работ при определении ионов хрома(III) и хрома(VI) преимущественно используют органополимерные сорбенты, извлекающие его, как правило, по ионообменному механизму. При этом объединяются процессы концентрирования элемента и его определения с использованием физико-химических методов анализа; в зависимости от поставленной задачи варьируются способы и условия извлечения, а также природа сорбента. Такие сорбционные системы кроме хороших кинетических (скорость сорбции и фильтрации, эффективность концентрирования и т. д.) характеристик обладают высокой устойчивостью к воздействиям температуры и агрессивных сред. Это позволяет использовать их в достаточно жёстких условиях сорбции ионов металлов и определения на фоне значительных количеств маскирующих веществ и высокой кислотности среды.

Анализ результатов, представленных в таблице, даёт основание утверждать, что эффективность динамического концентрирования микроколичеств ионов хрома и последующего их определения различными физико-химическими методами тесно связаны с влиянием таких важных с технической и теоретической точек зрения характеристик сорбционных систем, как: диаметр сорбционной ко-

Таблица
Определение хрома(III) и хрома(VI) в различных объектах с использованием динамического сорбционного концентрирования

Ион. Вариант концентрирования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал /метод/	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Cr(VI) а	ПАН-волокну, наполненное тонкодисперсным АВ-17-8	0,01M H ₂ SO ₄ ; 0,025%ДФК; рН = 1 - 7; V _{об} = 10 мл/мин; τ _{экт} = 5 - 15 мин; V _{проб} /m _{сorb} = 100 мл / 0,025 г; F(R) _{560nm}	ДФК	Питьевые, речные, сточные воды	0,0005 мг/л; 2,6 – 26,0 мкг/л	[17-20]
Cr(VI) а	ПАН-волокну, наполненное тонкодисперсным АВ-17-8	0,005M H ₂ SO ₄ ; 0,025%ДФК; V _{об} = 10 мл/мин; τ _{экт} = 3 - 5 мин; V _{проб} /m _{сorb} = 50 мл/6 мг; F(R) _{540nm}	ДФК	Поверхностные воды	30 мкг/мл; 0,002 - 0,02 мг/л	[21]
Cr(VI) а	AS 7 NG 1	V _{об} = 1,5 мл/мин; F(R) _{550nm}	ДФК	Сточные воды	-; 0,3 – 0,4 мг/л	[22]
Cr(III) б	Целлюлоза ДЕАЕ	d _{кор} = 0,25 – 0,50 мм; d _{кол} = 1 см; V _{об} = 3 мл/мин; t = 60 – 70°C; рН ≈ 2,0 – 2,5; τ _{экт} ≈ 15 мин; V _{проб} /m _{сorb} = 150 мл / 10 г; ЛОМИНИСЦЕНТНЫЙ М-Д ан-за (λ = 600-800 нм)	Роданид аммония	Сталь	-	[23]
Cr(VI) б	AG 50W-X2	d _{экт} = 100 – 200 меш; проточная кювета; F(R) _{550nm}	ДФК	Природные воды	0,5 нг; -	[24]

Продолжение таблицы

Ион. Вариант концентрирования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал /метод/	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Ст(VI) б	КУ-2-8	р-р H ₂ SO ₄ 1:1; 0,5%ДФК; V _{об} = 2-16 мл/млн; V _{проб} /m _{сорб} = 50 - 1000 мл /0,5 г; d _{зрен} = 0,43-0,50 мм; F(R) _{500nm}	ДФК	Природные воды	0,02 мг/л; —	[25-33, 35, 66]
Ст(VI) б	АВ-17-8	р-р H ₂ SO ₄ 10н; концентрация реагента 150,6 мкг/мл; V _{проб} /m _{сорб} = 50 - 1000 мл /1 г; d _{зрен} = 0,43-0,50 мм; F(R) _{620nm}	4-сульфо-2(4'-сульфонафтали-н-1'-азо)нафтол-1	Сточные воды гальванического цеха	0,43 мг/л; —	[34-38, 67]
Ст(VI) г	Diolex CS-5	АЭМС и ИИП ^а	2,6-пиридин-карбоновая кислота (для Ст(III))	В почвах	—	[39]
Ст(III) б						
Ст(VI) в	Полиуретановая пена полиэфирного типа		ДФК	—	0,1 мкг; 0,1 – 5,0 мкг/мл	[40]
Ст(III) в	древесные опилки и шлам-лигнина	pH = 3; d _{кол} = 20 мм; h _{кол} = 100 мм; V _{об} = 1 м ³ /час; τ _{эксп} = 20 ч	Гетероциклические азотистые соединения и производные моноэтаноламина	Модельные сточные воды гальванического цеха	—; 8,30 – 9,45 мг/л	[41]
Ст(III) г	АНКБ-2 (Н-форма) АНКБ-10	pH = 2-3 (H ₂ SO ₄); V _{об} = 0,7-1,0 мл/млн; τ _{эксп} ≈ 16 ч; V _{проб} /m _{сорб} = 1 ÷ 3 л/0,2 г; ААС ^б	—	Минеральные воды	—; 4,7·10 ⁻⁴ – 3·10 ⁻³ мг/л	[42, 43]

Продолжение таблицы

Ион. Вариант концентрирования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал /метод/	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Cr(VI) г	хитин	0,0005 – 0,005 М р-р H ₂ SO ₄ ; присутствие – лаурилсульфат – ионов; V _{об} = 5 – 40 мл/мин; СФ ^с	ДФК	–	–; до 2·10 ⁷ моль/л	[44]
Cr(VI) Cr(III) г	Amberlite IRA-400 Dowex 50×8	СФ ^с	ДФК	Речная вода	–	[45]
Cr(VI) г	Вюнит CS-3 (H-форма)	0,01М р-р ДФК в 50%-ном р-ре ацетона; элюирование р-ром 4-7М HCl и 0,01М H ₂ SO ₄ ; СФ ^с	ДФК	Синтетический рутил	–	[46]
Cr(III) г	Пермутит деаццит FF (Cl-форма)	d _{кол} = 0,8 см; h _{кол} = 5 см; d _{фер} = 100 – 200 меш.; соосаждение с Fe(OH) ₃ ; элюирование р-ром HCl(конц); СФ (l=4 см; λ = 540 нм)	ДФК	Морская вода	–	[47]
Cr(III) Cr(VI) г	HPIC – AS ₇ HPIC – CS ₂	АЭМС с плазмой пост. тока	–	Сыворотка крови, природная вода, технологические растворы	1нг/мл; 0,1 – 100 мкг/мл	[48]
Cr(VI) г	PbO ₂	t = 80°C; СФ ^с (λ = 540 нм)	ДФК	–	–; 0,05 – 3,00 мг/л	[49]

Продолжение таблицы

Ион. Вариант концентрирования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал /метод/	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Cr(VI) г	Мембранный фильтр (пироцеллолозный)	$d_{\text{пор}} = 0,2$ мкм; прис-вие ПАВ (додецилбензолсульфонат); р-ль – 2-метокси-этанол; СФ ^с ($\lambda = 545$ нм)	ДФК	Водопрводная, речная, подземные воды	0,5 мкг/л; 0,4 – 1,2 мкг	[50]
Cr д	Chelex-100 $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$	$V_{\text{пробы}} = 1$ л; $V_{\text{ос}} = 2 - 5$ мл/мин; 3МННО ₃ ; ААС с ЭТА ^с	–	Речная вода	–	[51]
Cr д	Полифосфат целлюлозы	$V_{\text{пробы}} = 5$ л; $V_{\text{ос}} = 2,5 - 3$ л/час; Озоление; ААС ^б	–	Моделные растворы	–	[52]
Cr д	АНКБ-2	$V_{\text{пробы}} = 1 - 1,5$ л; $V_{\text{ос}} = 0,7$ мл/мин; ААС ^б	–	Минеральная вода	–	[53]
Cr(VI) д	AB-17 (ОН-форма)	$\text{pH} \approx 2,5$; $V_{\text{ос}} = 0,28$ см/с; $V_{\text{слот сорб}} = 31,5$ см	–	Стоки гальванических цехов	–	[54]
Cr(VI) д	Duolite A-303 Duolite A-368 АНВ-22 АНВ-221	$d_{\text{кол}} = 2$ см; $h_{\text{слот сорб}} = 20$ см; $V_{\text{ос}} = 5$ м/ч; $\text{pH} = 2$; десорбция 5%-ным р-ром NaOH	–	Стоки гальванических цехов	–	[55]
Cr(VI) Cr(III) д	AB-17-8 AB-28 AB-16	$m_{\text{сорб}} = 1 - 5$ г; десорбция Cr(VI) 2,5-5,0-8,0%-ным р-ром NaOH; десорбция Cr(III) 5%-ным р-ром HCl или NaCl; $V_{\text{ос}} = 1 - 2$ мл/мин	–	Производственные р-ры (электролита ванн хромирования и промывные воды)	–	[56]
Cr(VI) д	AB-17-8 AB-17-16	$V_{\text{пробы}} = 35 - 100$ объёмов; $\text{pH} = 3 - 3,5$; регенерация ионита – 1,25н р-ром NaOH; $d_{\text{зерна}} = 0,3 - 1,0$ мм	–	Моделные хромосодержащие стоки	–	[57]

Продолжение таблицы

Ион. Вариант концентрирования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал / метод	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Cr(VI) д	AB-17 (Cl-форма) AB-17 (SO ₄ ²⁻ -форма) AB-17 (OH-форма)	$C_{Cr(VI)} = 0,01M$; pH = 2,5 - 14,0; $m_{\text{сорб}} = 2 \text{ г}$	—	Моделные хромсодержащие растворы	—	[58]
Cr(VI) д	KУ-2-8 AB-17-8(OH ⁻ форма)	$H_{\text{стол сорб.}} = 24 - 30 \text{ см};$ $V_{\text{об(мод. р-ра)}} = 10 - 15 \text{ м}^3/\text{час};$ $V_{\text{об(рег. р-ра)}} = 10 - 15 \text{ м}^3/\text{час}$	—	Стоки гальванических цехов	—	[59]
Cr(III) д	KУ-2-8 KУ-2-16	Регенерация ионита – 2М р-рами H ₂ SO ₄ и HNO ₃ ; $V_{\text{об(рег. р-ра)}} = 1 - 2 \text{ м}^3/\text{час}$	—	Хромсодержащие электролиты гальванических цехов	—	[60]
Cr(VI) д	KУ-2-8 KУ-2-16 AB-17-8 AB-17-16 AB-29	$C_{\text{хесCr(VI)}} = 50 \text{ мг/л};$ $C_{\text{хесCrO}_3} = 150 - 200 \text{ г/л};$ pH=3,0-3,5; регенерация ионита – р-ром NaOH	—	Разбавленные хромсодержащие стоки	—	[61]
Cr(VI) д	ПОЛИОРГС VIII	$C_{\text{хесCr(VI)}} = 0,1 \text{ г/л};$ $d_{\text{фильтра/сорбента}} = 16 \text{ мм};$ толщина фильтра/сорбента 4 мм; $m_{\text{фильтра/сорбента}} = 0,18 \pm 0,01 \text{ г};$ $V_{\text{пробы}} = 200 \text{ мл};$ $V_{\text{об}} = 50 \div 400 \text{ мл/мин};$ pH _{раств.} ≥ 2,5-3,0; $\tau_{\text{экст}} = 15 \text{ мин};$ РФДМ	—	Сточные воды гальванических цехов	—	[62]

Окончание таблицы

Ион. Вариант концентрования	Сорбент	Условия сорбции. Аналитический сигнал /метод/	Реагент	Объект анализа	Предел обнаружения; область линейности градуир. графика	Литература
Cr(VI) д	Fe ₂ O ₃	C _{maxCr(VI)} = 100 мг/л; h _{кол} = 10 см; d _{кол} = 1 см; m _{сорбента} = 2 г; V _{об} = 2 мл/мин; СФ ^с	ДФК	Промышленные сточные воды в промышленности	—	[63]
Cr(III) д	КУ-2-8 (Н-форма)	C _{maxCr(VI)} = 70 мг/л; h _{сорбента} = 16 см; V _{об} = 0,13-0,40 см ³ /сек; СФ ^с	ДФК	Растворы сточных вод	—	[64]
Cr(VI) д	Дауэкс 1-8 (ОН-форма)	V _{проба} = 100 мл; pH = 10-12; d _{кол} = 10 мм; h _{сорбента} = 50 мм; d _{жарен} = 50-100 меш; V _{об} = 4-15 мл/мин; элюирование 1н р-ром NaCl (50 мл); V _{элюир. р-ра} = 3 - 10 мл/мин; СФ ^с (λ = 532 нм)	ДФК	Сточные воды	—	[65]

ПАН-волокно — полиакрилонитрильное волокно; ДБАЕ — ионообменная целлюлоза; AG 50W-X2 — катионообменник; АНКБ-2 — винилпирридиноый амфолит; АНКБ-10 — иминодиацетатный амфолит; Amberlite IRA-400-анионообменник; Dowex 50 × 8 — катионообменник; Вионит CS-3 — катионообменник; Пермутит деаидит FF — катионит фосфорнокислый (среднекислотный); НРПС — AS₁ — анионообменник; НРПС — CS₂ — катионообменник; Duolite A-303 и Duolite A-368 — аниониты; АНВ-22 и АНВ-221 — слабоосновные аниониты, содержащие 5–10% сильноосновных групп; ПОЛИОРГС VII М — волокнистый хелатообразующий сорбент; Дауэкс 1–8 — сильноосновный анионит; КУ-2 (8, 16) — сульфокатионообменник с различной степенью шивки; АВ-17 (8, 16, 17, 28, 29) — основной анионообменник с различной степенью шивки. АЭМС и ИНПа — атомноэмиссионный анализ с индукционносвязанной плазмой; ААС^b — атомно-абсорбционный метод; СФ^с — спектрофотометрический метод; ААС с ЭТА^d — атомно-абсорбционный метод с электротермической атомизацией; РФЛМ^f — рентгенофлуоресцентный метод.

лонки ($d_{\text{кол}}$) и её высоты ($h_{\text{кол}}$), диаметр зёрен сорбента ($d_{\text{зёрен}}$), а в случае фильтрующих материалов, мембран — диаметр пор ($d_{\text{пор}}$), и диаметр фильтра ($d_{\text{фильтра}}$); массы сорбента ($m_{\text{сорб.}}$) или его высоты в сорбционной колонке ($h_{\text{слоя сорб.}}$); объёмной скорости пропускания адсорбата ($V_{\text{об}}$), объёма анализируемой пробы ($V_{\text{пробы}}$), объёма элюирующего раствора ($V_{\text{элюир. р-ра}}$), времени эксперимента ($\tau_{\text{эксп}}$), температуры проведения процесса ($t^{\circ}\text{C}$), а также концентрации извлекаемого иона в исходном растворе ($C_{\text{исх}}$) и используемого реагента. Большинство перечисленных факторов играют существенную роль в формировании выходных динамических кривых, что в свою очередь связано с особенностями реализующихся механизмов сорбции, которые обуславливают конечный выбор оптимальных условий концентрирования. При этом необходимо учитывать, для каких объектов проводится данное исследование и, какая конечная цель преследуется. Так, в ряде работ [51–65], использующих вариант (д), необходимым условием динамического варианта концентрирования, является количественное извлечение ионов хрома, а также возможность регенерации сорбента в замкнутом режиме технологического процесса очистки промышленных вод. Последнее позволяет достичь определённой экономической выгоды, связанной с многократным использованием поглотителя. В связи с этим в указанных работах органические или неорганические реагенты используются только для промежуточного контроля присутствия ионов хрома в технологических растворах.

В отличие от варианта (д), авторами, использующих варианты (а, б, в и г) применяются реагенты, позволяющие сочетать процедуру концентрирования, определения и последующего детектирования искомого микрокомпонента. Последнее может быть реализовано как визуально, так и инструментально [12]. Варьированием используемого реагента и в определённой степени сорбента, можно достичь селективного концентрирования элемента твёрдой фазой, что необходимо при разработке тест-методов в варианте индикаторных трубок (ИТ). При планировании экспериментальных исследований процессов, протекающих в ИТ, работающих в динамическом режиме, а также их геометрических параметров и характеристик, необходимо учитывать, что ИТ являются прототипом сорбционной колонки и относятся к одним из распространённых устройств, используемых в тест-системах. Главными отличиями ИТ являются малые размеры, компактность, экспрессность получения результатов анализа и т. д. Принимая во внимание вышеизложенное, нами при разработке тест-методов определения хрома(VI) в водах различных категорий в варианте ИТ, учитывались все рассмотренные факторы, оказывающие существенную роль как на эффективность процесса концентрирования, так и на величину аналитического сигнала. С целью разработки ИТ на основе гетерогенных систем типа: (I) - КУ-2-8-ДФКАТ-Cr(III) и (II) - АВ-17-8 — КАТ-Cr(III) (где ДФКАТ-Cr(III) — комплекс дифенилкарбазоната хрома(III), КАТ-Cr(III) — комплекс кармоазоната хрома(III)), были изучены гидродинамические, массообменные, кинетические и динамические особенности

процесса сорбции в указанных системах с последующим построением соответствующей математической модели [25–38]. Предложенная модель позволяет описать особенности протекания сорбционных процессов, которые реализуются в слое ионита во внутридиффузионной и внешнедиффузионной областях этих систем, а именно влияние разных входных концентраций растворов комплексов, времени контакта фаз при вариации массы навески сорбента. В результате проведенных исследований рассчитан коэффициент массообмена от времени контакта фаз, значения которого подтверждают специфику механизма формирования адсорбционных слоёв соответствующих комплексов хрома на поверхности ионитов в динамическом режиме [30, 34].

Стоит также отметить, что дополнительными требованиями к получаемому концентрату служат, во-первых, достаточно высокая скорость развития окраски сорбента, во-вторых, её устойчивость во времени (при возникновении необходимости его транспортировки в стационарную лабораторию). Первому требованию отвечает широко используемый во многих приведенных работах органический реагент 1,5-дифенилкарбазид (ДФК), однако устойчивость наблюдаемой окраски сорбента ограничена и требует введения некоторых поправочных коэффициентов при анализе концентратов во времени. Это условие учитывалось нами в работе [32] при разработке тест-методик определения хрома(VI) в природных водах. Определёнными преимуществами, в соответствии со вторым требованием, обладает органический реагент 4-сульфо-2(4'-сульфонафталин-1'-азо)нафтол-1 (кармоазин) [34 — 37], который позволяет получать устойчивые во времени растворы комплексного соединения в результате взаимодействия с хромом(VI), а также его концентраты в фазе сорбента. В работах [34 — 38] нами показана принципиальная возможность использования кармоазина в качестве реагента на Cr(VI), и дальнейшее извлечение хрома в виде комплекса кармоазоната хрома(III) поверхностью анионообменника АВ-17-8.

Ещё одним из факторов, играющих существенную роль при разработке ИТ, является минимальное количество процедур при проведении эксперимента. А поэтому использование приёма элюирования сорбируемого иона является нежелательным этапом в тест-методах. Следовательно, вариант (д) не может быть применён при разработке тест-методик для полевых условий.

Проведенный обзор литературы и системный анализ рассмотренных работ позволяет сделать следующее заключение. При изучении процессов, протекающих в сорбционной колонке, являющейся прототипом индикаторной трубки (ИТ), необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих существенное влияние на эффективность динамического концентрирования и возможности дальнейшего анализа полученного концентрата тем или иным методом. Использование динамического варианта концентрирования, по сравнению со статическим, позволяет расширить возможности эксперимента в целях увеличения чувствительности и понижения предела обнаружения целевого компонента; сорбционное извлечение предваритель-

но полученного комплексного соединения определяемого иона металла с органическим реагентом позволяет получить окрашенные концентраты на поверхности сорбента, обладающие большей устойчивостью во времени, по сравнению с раствором. Такого рода концентраты пригодны не только для получения информации о содержании искомого компонента в анализируемой пробе на месте анализа, но и при необходимости её транспортировки в стационарную лабораторию. Используемые адсорбенты должны быть преимущественно органомономерными и отвечать основным требованиям при эксплуатации в полевых условиях, как, например, механическая и химическая устойчивость, высокая селективность к определяемому иону, широкий диапазон дисперсности сорбента и т. д. Последнее требование позволяет достичь оптимальных, с точки зрения соблюдения постоянства гидродинамических условий в сорбционной колонке, что, в свою очередь, определяет динамику и кинетику адсорбционных процессов в исследуемой системе. В целом, при разработке индикаторных трубок, работающих в динамическом режиме, адсорбционно-десорбционные процессы необходимо рассматривать как многофакторные. С учётом вышеизложенного основным преимуществом, которым обладают наши исследования, является комплексный подход к изучению особенностей сорбционного извлечения хрома(VI) в варианте систем I и II. На основании этих результатов предложены варианты ИТ для определения хрома(VI) в водах разных категорий с использованием его комплексов с 1,5-дифенилкарбазидом и кармоозином [66, 67].

Литература

1. *Евгеньев М. И.* Тест-методы и экология. // Соросовский образоват. журн. — 1999. — № 11. — С. 29–34.
2. *Золотов Ю. А., Иванов В. М., Амелин В. Г.* Химические тест-методы анализа. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 304 с.
3. *Сенявин М. М.* Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ. — М.: Химия, 1980. — 234 с.
4. *Набиванец Б. Й., Сухан В. В., Калабина Л. В.* Аналітична хімія природного середовища. — К.: Либідь, 1996. — С. 304.
5. *Грушко Я. М.* Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. — Л.: Химия, 1979. — С. 160.
6. *Сорбционное концентрирование микрокомпонентов для целей химического анализа / Ю. А. Золотов, Г. И. Цизин, Е. И. Моросанова, С. Г. Дмитриенко // Успехи химии. — 2005. — Т. 74, № 1. — С. 41–66.*
7. *Проточные сорбционно-жидкостно-хроматографические методы анализа / Л. А. Олиферова, М. А. Статкус, Г. И. Цизин, Д. Ван, Ю. А. Золотов // Журн. аналит. химии. — 2006. — Т. 61, № 5. — С. 454–480.*
8. *Проточное сорбционно-атомно-абсорбционное определение металлов в природных водах и растворах / Г. И. Цизин, Э. М. Седых, Л. Н. Банных, Н. М. Сорокина, Ю. А. Золотов // Журн. аналит. химии. — 1995. — Т. 50, № 1. — С. 76–83.*
9. *Грисбах Р.* Теория и практика ионного обмена. — М.: Изд-во иностр. лит., 1963. — С. 499.
10. *Иониты и их использование / И. Е. Апельцин, В. А. Клячко, Ю. Ю. Лурье, А. С. Смирнов. — М.: Стандартгиз, 1949. — С. 5–14.*
11. *Гельферих Ф.* Иониты. — М.: Изд-во иностр. лит., 1962. — С. 490.

12. Савин С. Б., Дедкова В. П., Швоева О. П. Сорбционно-спектроскопические и тест-методы определения ионов металлов на твёрдой фазе ионообменных материалов // Успехи химии. — 2000. — Т. 69, № 3. — С. 203–217.
13. Гоба В. Е., Тарковская И. А., Томашевская А. Н. Химическая природа поверхности различных ископаемых углей и возможности их применения в качестве сорбентов // Химия и технологии воды. — 1991. — Т. 13, № 4. — С. 307–309.
14. Тарасевич Ю. И. Физико-химические основы и технологии применения природных и модифицированных сорбентов в процессах очистки воды // Химия и технология воды. — 1998. — Т. 20, № 1. — С. 42–51.
15. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. — К.: Наук. думка, 1981. — 206 с.
16. Щербинина Н. И., Мясоедова Г. В., Саввин С. Б. Волокнистые комплексообразующие сорбенты в неорганическом анализе // Журн. аналит. хим. — 1988. — Т. 43, № 12. — С. 2117–2131.
17. Саввин С. Б., Трутнева Л. М., Швоева О. П. Определение хрома(VI) дифенилкарбазидом методом спектроскопии диффузного отражения после концентрирования на дисках полиакрилонитрильного волокна, наполненного сильноосновным анионообменником // Журн. аналит. химии. — 1993. — Т. 48, № 3. — С. 502–508.
18. Швоева О. П., Дедкова В. П., Саввин С. Б. Применение двухслойных носителей для сорбционно-спектроскопического определения хрома(VI), меди(II) и никеля(II) из одной пробы в проточной системе // Журн. аналит. химии. — 2001. — Т. 56, № 3. — С. 287–291.
19. Определение хрома(VI) в водах с использованием проточной сенсорной системы / С. Б. Саввин, О. П. Швоева, Л. М. Трутнева, Е. А. Лихонина // Зав. лабор. — 1992. — № 6. — С. 5–6.
20. Тест-методы для полуколичественного определения тяжёлых металлов / О. П. Швоева, В. П. Дедкова, А. Г. Гитлиц, С. Б. Саввин // Журн. аналит. химии. — 1997. — Т. 52, № 1. — С. 89–93.
21. Оптический сенсорный анализатор на тяжёлые металлы ОСА-ТМ для анализа объектов окружающей среды. Определение хрома(III) и хрома(VI) в поверхностных водах / С. Б. Саввин, О. П. Швоева, В. П. Дедкова, С. В. Рудакова, А. В. Михайлова // Журн. аналит. химии. — 1996. — Т. 51, № 3. — С. 308–313.
22. Arar E. J., Pfaff J. D. Determination of dissolved hexavalent chromium in industrial wastewater effluents with diphenylcarbazide: [Pap] ent. *Jon. Chromatogr. Sump.*, San Diego, Ca, Sept. 30 — Oct. 3 / 1990 // *J. Chromatogr.* — 1991. — 546, N 1–2. — P. 335–340. — Цит. по: РЖХим. — 1991. — 22Г228.
23. Медведева А. М., Тихонов Г. П. Отделение хрома методом ионообменной хроматографии от сопутствующих элементов // Успехи аналит. химии. — М., 1974. — С. 222–229.
24. Yoshimura Karuhisa. Application of ion-exchanger phase absorptiometry to flow analysis. Determination of trace amounts of chromium (VI) in water // *Analyst.* — 1988. — 113, N 3. — P. 471–474. — Цит. по: РЖХим. — 1988. — 18Г230.
25. Чеботарёв О. М., Щербакова Т. М., Гузенко О. М. Гідродинамічні та масообмінні характеристики процесу сорбції комплексу хрому (VI) з дифенілкарбазидом катіонітом КУ-2-8 // Вісник ОНУ. Сер. Хімія. — 2000. — Т. 5, вип. 2. — С. 45–50.
26. Гузенко Е. М. Изучение процесса адсорбции хрома (VI) с дифенилкарбазидом на катионите КУ-2-8 в динамическом режиме. // III Междунар. науч.-практ. конф. "Экологические проблемы городов, рекреационных зон и природоохранных территорий": Сб. науч. ст. Одесса, 7–9 июня 2000. — Одесса, 2000. — С. 205–206.
27. Исследование и применение для анализа минеральных вод адсорбции комплекса хрома (VI) с дифенилкарбазидом катионитами / А. Н. Чеботарёв, Т. М. Щербакова, Е. М. Гузенко, А. И. Мизюк // Всеукраинская (с междунар. участием) конф. по аналит. хим. (посвящённая 100-летию со дня рождения профессора Н. П. Комаря), Харьков, 15–19 мая 2000. — Харьков, 2000. — С. 278.

28. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Щербакова Т. М. Изучение процесса сорбции комплекса Cr(VI)·ДФК в фазе катионита КУ-2-8 // XV Українська конф. з неорг. хімії (з міжнар. участю), Київ, 3–7 вересня 2001. — К., 2001. — С. 57.
29. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Щербакова Т. М. Особенности динамики адсорбции комплекса хрома (VI) с 1,5-дифенилкарбазидом катионитом КУ-2-8 из водных сред // Междунар. науч.-техн. конф. "Современные проблемы хим. технологии неорг. веществ": Сб. науч. тр. — Одесса, 2001. — Т. 1. — С. 193–195.
30. Чеботарёв О. М., Гузенко О. М., Щербакова Т. М. Вивчення кінетики сорбції комплексу дифенілкарбазонату хрому (III) на катіоніті КУ-2-8 // Вісник ОНУ. Сер. Хімія. — 2002. — Т. 6, вип. 7–8. — С. 73–78.
31. Чеботарёв О. М., Щербакова Т. М., Гузенко О. М. Кинетика сорбции комплекса хрома (VI) с дифенилкарбазидом катионитом КУ-2-8 // Теоретическое и экспериментальное изучение межповерхностных явлений и их технологическое использование: Сб. тез. V Укр.-польского симп., ОЦНТЭИ, Одесса, 4–9 сентября 2000. — Одесса, 2000. — С. 27.
32. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Щербакова Т. М. Влияние температуры на устойчивость комплекса хрома с 1,5-дифенилкарбазидом в фазе катионита КУ-2-8 // Хим. и хим. техн. — 2002. — Т. 45, вып. 6. — С. 76–78.
33. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Щербакова Т. М. Моделирование динамического процесса сорбции комплекса хрома (VI) с 1,5-дифенилкарбазидом на катионите КУ-2-8. // Вестник ОНУ. Сер. Химия — 2004. — Т. 11, вып. 9–10. — С. 107–116.
34. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Ефимова И. С. Особенности массообмена при сорбции комплекса хрома (VI) с кармоaziном на анионите АВ-17-8 // Вестник ОНУ. Сер. Химия — 2006. — Т. 11, вып. 1–2. — С. 59–64.
35. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Щербакова Т. М. Математическое моделирование при разработке индикаторных трубок по контролю содержания хрома (VI) в природных водах // Журн. аналит. хим. — 2008. — Т. 63, № 2. — С. 137–142.
36. *Mathematical modeling of the process taken place in the "Solid support-Solution" type indicator pipes* / A. N. Chebotaryov, H. M. Guzenko, T. M. Scherbacova, I. S. Doronovich // Междунар. конгресс "Аналитическая химия и химический анализ", Киев, 12–18 сент. 2005. — К., 2005. — С. 188.
37. Гузенко Е. М., Чеботарёв А. Н. Индикаторные трубки на основе катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8 для твёрдофазно-спектрофотометрического и тест-определения хрома (VI) в водах // Наук. конф. "Аналитичний контроль якості та безпеки продукції промислового виробництва і продовольчої сировини. Питання підготовки фахівців для випробувальних лабораторій", Одеса, 22–26 трав. 2006. — Одесса, 2006. — С. 20.
38. *Kinetic features of extraction of soluble Cr(VI) complexes with 1,5-diphenylcarbazide and carmoazine by strong ion exchangers* / A. N. Chebotaryov, H. M. Guzenko, T. M. Scherbacova, I. S. Doronovich // International Congress on Analytical Sciences ICAS-2006, Moscow, Russia, 25 — 30 June, 2006. — Moscow, 2006. — Vol. 2. — P. 413.
39. *Analytical chemistry of chromium: simultaneous detection of Cr(III) and Cr(VI): [Pap.]* 19th Annu. Meet. Fed. Anal. Chem and Spectrosc. Soc. Philadelphia Pa, Sept. 20–25, 1992 / S. J. Shuppack, D. F. Gerth, T. Howell, P. N. Keliher // ICP Jnf. Newslett. — 1993. — 18, № 8. — P. 481. — Цит. по: РЖХим. — 1993. — 11Б95.
40. *Farag A. B., El-Wakil A. M., El-Shahami M. S. Qualitative and semi-quantitative determination of chromium(VI) in aqueous solution using 1,5 — diphenylcarbazide — loaded foam* // Analyst. — 1981. — 106, № 1264. — P. 809–812. — Цит. по: РЖХим. — 1981. — 24Г98.
41. Тимофеева С. С., Лыкова О. В., Кухарёв Б. Ф. Использование химически модифицированных сорбентов для извлечения ионов металлов из сточных вод // Химия и техн. воды. — 1990. — Т. 12, № 6. — С. 505–508.
42. Гогичаишвили Б. А., Джинчарадзе Г. Г., Сепертеладзе М. Д. Определение содержания микроэлементов некоторых минеральных водах Грузии с применением хроматографического концентрирования // Изв. АН ГССР. Сер. химия. — 1978. — Т. 4, № 2. — С. 116–120.

43. Маторина Н. Н., Джичарадзе Г. Г., Гогичайшвили Б. А. О некоторых условиях сорбции микроэлементов на амфолитах при их определении в минеральных водах // Изв. АН ГССР. Сер. химия. — 1978. — Т.4, № 1. — С. 7–12.
44. Hoshi Suwaru, Kamada Yoshiaki, Inoue Sadanobu, Matsubara Matsuya Preconcentration of colored metal complexes on a natural polymer chitin and its application to spectrophotometric determination of metal ions // Anal. Sci. — 1988. — 4, № 2. — P. 227–228. — Цит. по: РЖХим. — 1988. — 18Г104.
45. Vatreňjak — Valagič V., Durkin V., Katanič S. Efekti koncentriranja i odvajanja kroma(VI) od kroma(III) iz vodenih otopena pomocu ionskih izmjenjivača // Kem. u ind. — 1985. — 34, № 3. — P. 185–189. — Цит. по: РЖХим. — 1985. — 18Г208.
46. Vi. Adescu Luminita, Chizu Florentina Alexandra Utilization of diphenylcarbazide in the separation and concentration of chromium with exchange rezins // Bull. Inst. politehn. Gheorghiu — Dej. Bucuresti. Ser. chim.-met. — 1981. — 43, № 2. — P. 43–48. — Цит. по: РЖХим. — 1982. — 15Г138.
47. Chuecas L., Riley J. P. The spectrophotometric determination of chromium in sea water // Analyt. chim. acta. — 1966. — 35, №2. — P. 240–246. — Цит. по: РЖХим. — 1966. — 22Г148.
48. Urasa I. T., Nam S. H. Direct determination of chromium(III) with ion chromatography using direct current plasma emission as element-selective detector // J. chromatogr. Sci. — 1989. — 27, № 1. — P. 30–37. — Цит. по: РЖХим. — 1989. — 17Г173.
49. Wei Qingxun, Wang Shengtian, Wang Li. Гаодэн сюэсюэ хуасюэ сюэбао // Chem. J. Chin. Univ. — 1990. — 11, №2. — P. 140–143. — Кит. — Цит. по: РЖХим. — 1991. — 7Г245.
50. A new preconcentration method of trace Cr(VI) in natural water by collection on organic solvent — soluble membrane filter: Pap 5th Asian conf. Anal Sci (ASIANAL YSISV), Xiamen, May 4–7, 1999/ Gao Pi-Ying, Gu Xue-Xin, Zhou Tian-Ze, Gu Hog-Chen // Gaodeng xue xiao huaxren xuebao = Chem. J. Chin. Univ. — 1999. — 20, Suppl. — P. 515. — Цит. по: РЖХим. — 2000. — 19Г205.
51. Мясоедова Г. В., Щербина Н. И., Саввин С. Б. Сорбционные методы концентрирования микроэлементов при их определении в природных водах // Журн. аналит. химии. — 1983. — Т. 38, № 8. — С. 1503–1514.
52. Ishmiyarova G. R., Myasoedova G. V., Petrovskaya I. N. et al. Method of sorbent concentrate preparation for heavy-metals determination using ICP-AES and ETA-AAS methods // ICP Inf. Newslett. — 1991. — 16, № 11. P. 639–640.
53. Салихов В. Д. Зависимость рН максимального образования комплексов ионов металлов, гидролизующихся по трем ступеням, с одно- и двухосновными органическими реагентами // Журн. аналит. химии. — 1981. — Т. 36, № 1. — С. 16–21.
54. Расчёт динамики сорбции хромат-иона из смеси анионов / Н. С. Куролап, Д. Р. Измайлова, Э. Г. Тетерина, В. А. Никашина, А. М. Пиляева // Теор. и практика сорбц. проц. — 1980. — Вып. 13. — С. 23–26.
55. Сорбция хрома анионитами / А. Б. Пашков, Е. В. Замбровская, И. Н. Медведев, Т. Н. Рязанцева, В. Б. Каргман, Р. Р. Драновская, Е. И. Мурашова, С. И. Котикова // Пластические массы. — 1976. — № 5. — С. 61.
56. Коршунов И. А., Субботина А. И., Широкова Е. И. Извлечение металлов и их соединений из разбавленных растворов. 1. Ионообменное извлечение хрома // Тр. по химии и хим. техн. — 1961. — № 2. — С. 270–277.
57. Химическая и механическая устойчивость анионита АВ-17 в хромсодержащих растворах / Л. П. Евсикова, Н. С. Куролап, В. А. Углянская, Л. Н. Саргина // Теор. и практика сорбц. проц. — 1975. — Вып. 10. — С. 69–71.
58. Евсикова Л. П., Мелешко В. П. Исследование механизма сорбции хроматов на анионите АВ-17. Сообщение II. Ионный состав фазы анионита АВ-17 в хромовокислой форме // Теор. и практика сорбц. проц. — 1973. — Вып. 8. — С. 17–19.
59. Очистка хром- и цинксодержащего стока гальванического цеха ионообменным методом / Л. П. Евсикова, Н. С. Куролап, Р. Ш. Шевченко, Л. Н. Саргина, Н. Г. Новиков, В. В. Гурович // Теор. и практика сорбц. проц. — 1973. — Вып. 8. — С. 114–118.

60. *Ионообменный* метод очистки отработанных электролитов гальванического производства. Сообщение I. Очистка хромсодержащих электролитов от загрязняющих катионов / Л. П. Евсикова, Н. С. Куролап, Т. Г. Дыгай, В. Б. Булатова // Теор. и практика сорбц. проц. — 1973. — Вып. 8. — С. 119–123.
61. *Куролап Н. С., Измайлова Д. Р.* Ионообменный метод очистки хромсодержащих промстоков и отработанных электролитов гальванических цехов // Теор. и практика сорбц. проц. — 1978. — Вып. 12. — С. 103–108.
62. *Сорбционно-рентгенофлуорисцентное* определение меди, никеля, цинка и хрома в сточных водах / Н. И. Щербинина, Г. Р. Ишмиярова, И. Е. Никитина, Г. В. Мясоедова, Л. А. Полосухина, Н. И. Уралов, А. Д. Симонова, Е. Я. Данилова // Журн. аналит. хим. — 1990. — Т. 45, № 4. — С. 766–772.
63. *Применение* гидроксида железа(III) в качестве адсорбента для извлечения хрома(VI) из производственных стоков / А. Ю. Никифоров, Н. В. Кадникова, И. А. Никифоров, Л. А. Ильина // Коллоидный журнал. — 2000. — Т. 62, № 4. — С. 511–514.
64. *Расчёт* динамики сорбции меди, цинка, никеля, хрома (III) из кислых сточных вод заводов обработки цветных металлов / Л. П. Соколова, В. А. Никашина, П. Д. Новиков, Ю. А. Кац // Теор. и практика сорбц. проц. — 1975. — Вып. 10. — С. 25–29.
65. *Хигасиура Муё* Определение микроколичеств хрома в сбросных водах // Кагаку то когё, Sci and Ind. — 1967. — Т. 41, № 5. — С. 216–221. — Цит. по: РЖХим. — 1967. — 24Г185.
66. *Пат. України №U200612770, МПК G01N 21/78.* Спосіб визначення концентрації сполук хрому(VI) у воді / О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова. — Опубл. 15.03.2007. Бюл. № 3. — С. 7.
67. *Пат. України № U200601518, МПК G01N 21/78.* Спосіб визначення концентрації хрому(VI) у воді / О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова. — Опубл. 17.07.2006. Бюл. № 7. — С. 5.

О. М. Чеботарьов, О. М. Гузенко

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра аналітичної хімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65029, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ХРОМУ У РІЗНИХ ОБ'ЄКТАХ

Резюме

На підставі аналізу літературних даних про можливість використання динамічного концентрування хрому(III) і хрому(VI) у різних об'єктах, був розглянутий вплив різних факторів, що впливають на ефективність концентрування. Проведено класифікацію варіантів вилучення металів з вод різних категорій у динамічному режимі залежно від способу концентрування, який використовується для вирішення аналітичних або технологічних цілей. Вивчено закономірності динамічного вилучення комплексів дифенілкарбазонату хрому(III) і кармоазонату хрому(III) катіонообмінником КУ-2-8 і аніонообмінником АВ-17-8, відповідно. Результати досліджень дозволили запропонувати варіанти індикаторних трубок для визначення хрому(VI) у водах різних категорій.

Ключові слова: хром(III), хром(VI), сорбенти, концентрування, визначення.

A. N. Chebotaryov, H. M. Guzenko

Odessa National University, Department of analytical chemistry,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65029, Ukraine

**USE DYNAMIC CONCENTRATION AT DEFINITION CHROMIUM
IN VARIOUS OBJECTS**

Summary

On the basis of the analysis of the literary data on an opportunity of used dynamic concentration chromium(III) and chromium (VI) in various objects, influence of the various factors influencing efficiency concentration is considered. Classification of variants of extraction of metals from waters of various categories in a dynamic mode is carried out on a way concentration, the analytical for decision analytical or technological purposes. Laws of dynamic extraction of complexes di phenilcarbazide chromium(III) and carmoazine chromium(III) cation exchanger resin KU-2-8 and anion exchanger resin AB-17-8, accordingly are investigated. Results of researches have allowed to offer variants display tube for definition chromium(VI) in waters of different categories.

Keywords: chromium(III), chromium(VI), sorbents, concentration, definition.