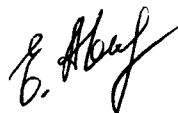


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

АВЕРЯСКИНА ЕЛЕНА ОЛЕГОВНА



**ИНВЕРСИОННО-ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
РТУТИ В ВОЗДУХЕ С ЖИДКОСТНО-АБСОРБЦИОННЫМ
ВЫДЕЛЕНИЕМ ИЗ ВОЗДУХА**

Специальность 02.00.02 – АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук**

Санкт-Петербург

2006

Работа выполнена на кафедре аналитической химии химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель:

доктор химических наук, профессор
Москвин Леонид Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Салиджанова Рашида Мухамет-
Фатиховна

кандидат химических наук
Костикова Мария Юрьевна

Ведущая организация:

ОАО НПП «Буревестник»

Защита состоится 25 мая 2006 г в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 212 232 37 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 199004, Санкт-Петербург, Средний проспект В.О., д. 41/43, Большая химическая аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им А.М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета.

Автореферат разослан 20 апреля 2006 г

Ученый секретарь
диссертационного совета



А.Г. Палсуева

2006 А
9217

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

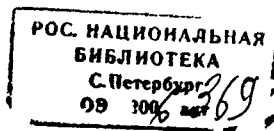
Актуальность проблемы

Одной из важных задач экологического мониторинга атмосферного воздуха, химического контроля воздуха рабочей зоны и хозяйственно-бытовых помещений является определение в них ртути. Несмотря на высочайшую токсичность, ртуть и её соединения находят широкое применение в различных сферах человеческой деятельности, следствием чего является сравнительно частое попадание ртути в окружающую среду. Учитывая летучесть элементарной ртути, наиболее часто возникает проблема контроля её содержания в атмосферном воздухе. Широкие потребности в методах и средствах контроля ртути в атмосферном воздухе в сочетании с жесткими требованиями к пределам её обнаружения (ПДК ртути в воздухе рабочей зоны составляет 10 мкг/м^3), накладывают на них трудно совместимые требования: высокой чувствительности и одновременно доступности.

В настоящее время наиболее широкое распространение для определения ртути нашел атомно-абсорбционный метод "холодного" пара. Его основными недостатками являются недостаточно высокая воспроизводимость результатов анализа и необходимость применения относительно дорогостоящей аппаратуры. Дополнительные возможности для прямого определения следов ртути в воздухе открыл новый вариант дифференциальной атомно-абсорбционной спектроскопии, но при этом еще больше возросла стоимость аналитического оборудования, что делает его еще менее доступным для большинства экоаналитических лабораторий. Наиболее перспективным для массового определения ртути в воздухе представляется расширение возможностей метода инверсионной вольтамперометрии, который нашел широкое применение в аналитической практике определения ртути в водных средах. Для того, чтобы воспользоваться возможностями этого метода для определения ртути в воздухе необходимо решить проблему ее жидкостно-абсорбционного выделения из воздуха по схеме, которая бы легко адаптировалась к технике инверсионно - вольтамперометрического анализа.

Цель работы

Разработка инструментальной схемы инверсионно - вольтамперометрического определения микроконцентраций ртути в воздухе с предварительным жидкостно-абсорбционным выделением.



Научная новизна работы

Предложена и обоснована комбинированная схема анализа, включающая операции жидкостно-абсорбционного выделения ртути из воздуха и её инверсионно-вольтамперометрического определения в абсорбате.

Предложен состав раствора, одновременно обеспечивающего возможность абсорбционного выделения и концентрирования неорганических и органических форм ртути из воздуха и её последующего инверсионно-вольтамперометрического определения на золотом электроде

Показана принципиальная возможность и выбраны условия хромато-мембранного концентрирования и выделения ртути из воздуха в водные растворы.

Предложен комбинированный безэталоный метод определения ртути в водных растворах, основанный на закономерностях инверсионной вольтамперометрии и потенциостатической кулонометрии

Практическая значимость работы

Предложен новый более доступный по сравнению со спектральными аналогами метод определения ртути в воздухе, сопоставимый с ними по своим аналитическим возможностям

Разработаны методики инверсионно-вольтамперометрического определения ртути, обеспечивающие нижние границы диапазонов определяемых концентраций, удовлетворяющие требованиям аналитического контроля воздуха рабочей зоны

Положения, выносимые на защиту

- Инструментальная комбинированная схема определения ртути в воздухе, основанная на совмещении операций абсорбционного выделения ртути в водный раствор и её инверсионно-вольтамперометрического определения в абсорбате.
- Состав универсального раствора для жидкостно-абсорбционного выделения и концентрирования ртути из воздуха и её последующего инверсионно-вольтамперометрического определения на золотом электроде.
- Методика инверсионно-вольтамперометрического определения ртути в воздухе с предварительным хромато-мембранным концентрированием.
- Комбинированный безэталоный метод определения ртути в водных растворах, основанный на закономерностях инверсионной вольтамперометрии и потенциостатической кулонометрии

Апробация работы

Материалы диссертации были представлены на конференциях: «Ломоносов-2003» (Москва, 2003), «Экоаналитика-2003» (Санкт-Петербург, 2003), «ЭМА-2004» (Уфа, 2004), «Аналитика Сибири и Дальнего Востока- 2004» (Новосибирск, 2004), «Аналитические приборы» (Санкт-Петербург, 2005), «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии» (Краснодар, 2005).

Публикация результатов

Материалы диссертации опубликованы в 2 статьях в отечественных журналах и в форме тезисов докладов на 6 конференциях.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов и списка цитируемой литературы (154 наименования). Работа изложена на 120 страницах текста, содержит 7 таблиц и 58 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко обосновывается актуальность усовершенствования методик определения ртути в воздухе, формулируются задачи и цель исследования.

Глава 1. Обзор литературы

В первой главе представлен обзор литературы по методам определения ртути в воздухе. На основании имеющихся публикаций делается вывод о том, что одним из перспективных методов определения ртути в воздухе может явиться инверсионная вольтамперометрия, которая до сих пор находила применение только для определения ртути в водных растворах. Основание этому выводу являются хорошие метрологические характеристики методик анализа и доступное оборудование.

Глава 2. Экспериментальная часть

Выбор оптимального состава раствора. Для генерации паров ртути использовали котёл, в который помещали каплю металлической ртути и пропускать воздух с помощью компрессора. При выборе состава поглощающего раствора использовали барботажную схему.

поглощения в склянке Тищенко. Для проверки полноты поглощения использовали две последовательно соединенные склянки.

Контрольные измерения проводили с использованием аттестованного ВНИИМ им Д. И. Менделеева генератора паров ртути ГПР-1 М, который обеспечивал получение воздушно-газовой смеси с концентрацией ртути $28,0 \pm 0,3$ нг/м³ при скорости потока 1 л/мин и температуре термостата 80°C.

При выборе универсального состава раствора в качестве первой предпосылки исходили из того, что инверсионное вольтамперометрическое определение ртути обычно проводится на фоне смеси хлорной и соляной кислот. Оптимальный состав фоновых растворов: 1М HClO₄ + 0,1М HCl. Но попытки использовать раствор такого состава в качестве абсорбирующего даже для выделения ртути, находящейся в воздухе в элементарном состоянии, оказались неэффективными, о чем свидетельствовал тот факт, что даже после 10 секунд продувания воздуха через поглотительную установку с двумя последовательно соединенными по газовой линии склянками Тищенко со скоростью 1 л/мин концентрация ртути в фоновом растворе, помещенном в обеих склянках была примерно одинакова.

Для повышения полноты выделения ртути за счет перевода атомарной ртути в нелетучую ионную форму в качестве абсорбента был испытан раствор, в состав которого в качестве окислителя дополнительно вводилась азотная кислота. На фоновых кривых полученных в растворах с добавкой HNO₃ при концентрациях последней больше $1 \cdot 10^{-4}$ М в области потенциалов, близких к потенциалам ионизации ртути наблюдается анодный пик, зависящий от концентрации HNO₃ ($E_{\text{пика}} = 0,61 \pm 0,01$ В). Этот пик практически исчезает при концентрации HNO₃ $< 1 \cdot 10^{-4}$ М. Введение в абсорбирующий раствор $1 \cdot 10^{-4}$ М HNO₃ оказалось недостаточным для обеспечения полноты поглощения паров ртути из воздуха, однако, соотношение концентраций ртути в первой и второй склянках Тищенко улучшилось (около 80% - в первой и около 20% - во второй).

При дальнейших поисках условий абсорбционного выделения ртути во внимание был принят известный факт улавливания практически всех форм ртути из воздуха активированным углем с абсорбированным на нем элементарным йодом. По аналогии была исследована возможность поглощения ртути в раствор с добавкой йода. Молекулярный йод вводился в раствор состава: 0,1 М HCl + 1 М HClO₄ + $1 \cdot 10^{-4}$ М HNO₃ добавкой спиртового раствора йода. Добавка йода в поглощающий раствор привела к положительным результатам. Ртуть была найдена только в растворе, помещенном в первую склянку Тищенко.

Было установлено, что полнота выделения увеличивается с ростом концентрации йода. Но бо́льшой избыток йода нежелателен, так йод электрохимически активен в области

потенциалов, близкой к потенциалу ионизации ртути. Экспериментально установлено, что оптимальным диапазоном концентраций йода в растворе является $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$ М. Окончательно, для жидкостно-абсорбционного выделения ртути из воздуха был выбран следующий состав поглощающего раствора: 0,1 М НСl + 1 М НСlO₄ + $1 \cdot 10^{-4}$ М ННО₃ + $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$ М I₂, обеспечивающий 100% выделение паров ртути из воздуха в диапазоне концентраций 0-100 мкг/м³ и позволяющий проводить инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути в растворе того же состава. С учетом экспериментально доказанной полноты выделения ртути в растворе выбранного состава для определения концентрации ртути в воздухе был использован градуировочный график, построенный по стандартным растворам. Концентрация ртути в воздухе C'_{Hg} рассчитывалась по уравнению $C'_{Hg} = C''_{Hg} \cdot V'' / V'$, где C''_{Hg} - найденная по градуировочному графику концентрация ртути в абсорбате, V'' - объем абсорбата, V' - объем воздуха, пропущенный через систему генератор-поглотительный сосуд.

Поскольку ртуть может присутствовать в воздухе в форме как элементарной так и органических соединений, то дальнейшие исследования были направлены на изучение возможности жидкостно-абсорбционного выделения органических форм ртути в раствор предложенного состава.

Исследования проводились на примере диметилртути - наиболее распространенного и устойчивого летучего ртуторганического соединения. Изучение возможности выделения в раствор выбранного состава диметилртути, привело к результатам, представленным на рис. 1. Наблюдается прямолинейная зависимость площади пика на инверсионных вольтамперограммах от количества введенной с потоком воздуха в поглотительный раствор диметилртути. Поскольку в контрольных растворах (во второй склянке Тищенко) ртуть не была обнаружена, можно утверждать, что диметилртуть практически полностью извлекается из воздуха в раствор выбранного состава. Поскольку диметилртуть является наиболее устойчивым ртуторганическим

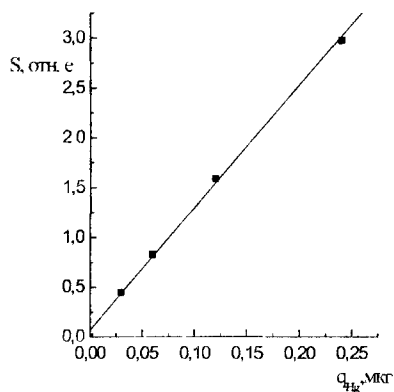


Рис. 1 Зависимость площади анодного пика ртути на вольтамперограммах от содержания диметилртути в пробе ($t_{пик}$ - 1 мин). Поглощающий раствор состав: 0,1 М НСl + 1 М НСlO₄ + $1 \cdot 10^{-4}$ М ННО₃ + $5 \cdot 10^{-6}$ М I₂.

соединением, полученные данные позволяют утверждать, что и остальные, менее устойчивые органические формы ртути будут полностью поглощаться данным раствором

Инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути с хромато-мембранным концентрированием

При выбранном составе поглощающего раствора дополнительным резервом повышения коэффициентов концентрирования аналитов при жидкостно-абсорбционном выделении является отказ от традиционной барботажной схемы эксперимента в пользу хромато-мембранной

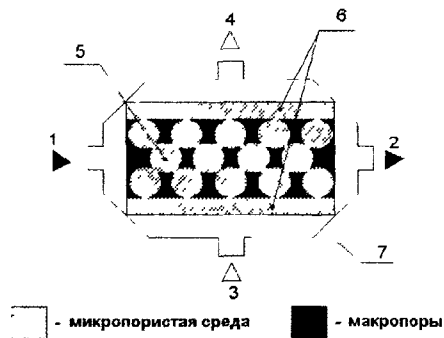
Схема хромато-мембранной ячейки, использованной для поглощения ртути приведена на рис. 2

Для поглощения ртути из воздуха и ее последующего ИВА определения была сконструирована экспериментальная установка, позволяющая параллельно проводить хромато-мембранное и барботажное выделение и концентрирование ртути из воздуха. Ртуть из воздуха выделяли в дискретном режиме хромато-мембранного процесса

Для этого вход и выход водной фазы в хромато-мембранной ячейке после ее заполнения абсорбирующим раствором перекрывают зажимами и по линиям ввода и выхода газовой фазы пропускали через ячейку поток воздуха с объемной скоростью 0,01 л/мин в течение заданного промежутка времени. После остановки потока газовой фазы абсорбат с поглощенной ртутью элюировали из хромато-мембранной ячейки раствором для поглощения ртути

Предварительно было установлено, что для полного выделения из хромато-мембранной ячейки абсорбата с поглощенной ртутью достаточно одного свободного объема ХМЯ элюента, т.е. 0,5 мл. Абсорбат анализировали на содержание ртути на ИВА анализаторе

Как и в случае барботажного для подтверждения полноты абсорбционного выделения ртути в ХМЯ поток анализируемого воздуха с парами ртути пропускали через хромато-мембранную ячейку и последовательно соединенную с ней склянку Тищенко. После чего определяли количество ртути в хромато-мембранной ячейке и в склянке Тищенко. Во



- 1- вход жидкой фазы
- 2- выход жидкой фазы
- 3- вход анализируемого воздуха
- 4- выход анализируемого воздуха
- 5- бипористый массообменный слой
- 6- пористые мембраны из политетрафторэтилена
- 7- корпус ячейки

всех случаях в пробе ртути не обнаружена. Полученные данные позволяют утверждать, что при хроматомембранном поглощении ртути из воздуха она количественно выделяется в раствор выбранного состава.

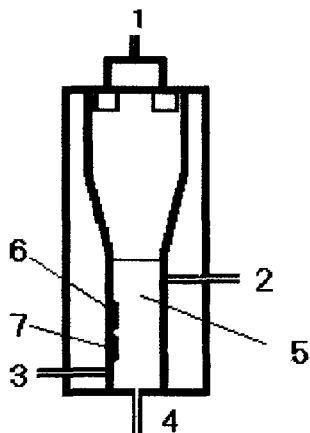
Из данных, полученных в результате экспериментов по жидкостно-абсорбционному выделению ртути из воздуха в ХМЯ и в склянку Тищенко, была рассчитана относительная эффективность концентрирования ртути в том и другом случае. Расчеты проводились исходя из того, что при продувании 1 л воздуха с парами ртути, концентрации ртути в абсорбате из ХМЯ и из склянки Тищенко в параллельных опытах составили 1480 мкг/л и 4,65 мкг/л соответственно. Откуда следует, что концентрирование ртути в ХМЯ более чем в 300 раз эффективней, чем в склянках Тищенко.

Разработанная методика определения ртути в воздухе с хроматомембранным выделением обеспечивает предел обнаружения 0,05 мкг/м³, что составляет 0,005 ПДК рабочей зоны. С учетом времени, необходимого для ИВА – анализа абсорбата, суммарная продолжительность анализа составляет 5 мин.

Автоматизированное инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути в воздухе

Для совмещения операций абсорбционного выделения ртути и ее последующего ИВА – определения была сконструирована ячейка для одновременного жидкостно-абсорбционного выделения ртути из воздуха и ее ИВА – определения (рис 3), позволяющая проводить измерения в автоматизированном режиме. Ячейка изготовлена из фторопласта. Подача рабочего раствора осуществляется через штуцер 4, его вывод через штуцер 2, подача воздуха производится через штуцер 3, отвод воздуха через штуцер 1. Рабочий объем ячейки составляет 1 мл. В ячейку встроены углестатовый электрод 6 и золотой электрод 7, к которым подключается вольтамперометрический анализатор.

По аналогии с предыдущими экспериментами для проверки полноты



- 1 – отвод воздуха;
- 2 – слив раствора,
- 3 – ввод газообразной пробы;
- 4 – подача рабочего раствора;
- 5 – рабочий объем ячейки,
- 6 – вспомогательный электрод,
- 7 – рабочий электрод

Рис 3. Схема измерительной ячейки

выделения паров ртути в ячейке к ней последовательно подключалась склянка Тищенко с поглощающим раствором того же состава. Смешивание растворов йода и компонентов фонового электролита, подаваемых по разным каналам перистальтического насоса проводилось непосредственно перед входом в ячейку.

Для повышения эффективности стадии накопления при ИВА были испытаны две схемы измерения с использованием разработанной ячейки. В первом случае проводилось продувание паров ртути через измерительную ячейку, а затем накопление на электроде в покоящемся электролите. Во втором варианте продувание и накопление на электроде проводились одновременно, т.е. накопление происходило при интенсивном перемешивании раствора потоком воздуха. Второй способ оказался более эффективным, поэтому в дальнейшем измерения проводились по второй схеме.

Результаты измерений, выполненных с использованием ячейки, представленной на рис. 3 показали, что достигаемый в этом случае предел обнаружения ртути составляет $0,1 \text{ мкг/м}^3$, т.е. в 2 раза хуже, чем при хроматомембранном выделении, однако использование такой ячейки позволяет проводить измерения в автоматизированном режиме.

Инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути в воздухе с электрохимическим генерированием йода

Поскольку водные растворы йода неустойчивы, с целью совершенствования автоматизированной методики ИВА определения ртути в воздухе была разработана схема анализа с электрохимическим генерированием йода в поглощающем растворе.

Система для генерирования йода состояла из двух платиновых электродов, опущенных в ячейку с разделенными катодным и анодным пространствами с помощью фильтра Шотта. Для определения ртути в воздухе, в электрохимическую ячейку для генерирования йода помещали 60 мл фонового электролита, содержащего $5 \cdot 10^{-5} \text{ КJ}$. В течение двух минут пропускали ток, поддерживая его значение на уровне 80 мА. Экспериментально установлено, что за это время генерируется необходимое количество йода для создания в растворе его минимально необходимой концентрации, обеспечивающей 100% улавливание паров ртути. Получена зависимость количества поглощаемой ртути в генерируемый раствор от объема пропущенного воздуха при разных скоростях его продувки. При содержании паров ртути в изученном диапазоне концентраций наблюдается линейная зависимость количества поглощенной ртути от объема пропущенного воздуха. Результаты измерений, полученные на автоматизированной установке и по схеме вытеснения с использованием склянок Тищенко, хорошо согласуются между собой.

Комбинированный безталонный электрохимический метод определения ртути в водных растворах и его применение при анализе воздуха

В качестве предпосылки для создания автоматизированного анализатора для ИВА – определения ртути в воздухе следующим разделом представленной работы явилась разработка комбинированного безталонного метода определения ртути в водных растворах, необходимого для решения проблемы определения ртути в абсорбатах, получаемых после ее выделения из воздуха.

Общий принцип разработанного метода заключается в совмещении достоинств ИВА и потенциостатической кулонометрии. Последняя призвана дополнить высокую чувствительность ИВА возможностью проведения анализа без использования стандартных растворов.

Предлагаемая схема электрохимического эксперимента включает три последовательные стадии ИВА – измерений. Последовательность измерений приведена на рис 6. Накопление производится три раза в течение разных промежутков времени. Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 . Время выбирается таким образом, что $(\Delta t_2 - \Delta t_1) = (\Delta t_3 - \Delta t_2)$. Далее рассчитывается количество электричества, затрачиваемое при

растворении металла, выделенного за каждый промежуток времени, интегрированием тока электрорастворения по времени. Причем, поскольку растворение металла происходит полностью, то количества электричества, затраченные на стадии накопления и на стадии растворения будут равными. Так за разное время на поверхности электрода накапливается разное количество вещества, то в результате получается три разных количества электричества Q_1 , Q_2 , Q_3 . Далее используется формула Мейтса для расчета Q_* - количества электричества, необходимого для электропревращения всего количества вещества, присутствовавшего в растворе в начальный момент времени

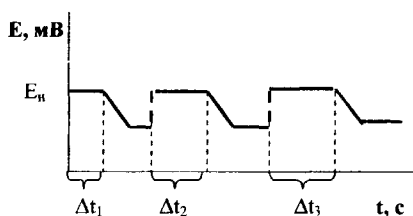


Рис 4 Временная диаграмма изменения потенциала в комбинированном электрохимическом методе

$$Q_* = \frac{Q_2^2 - Q_1 Q_3}{2Q_2 - (Q_1 + Q_3)} \quad (1)$$

И далее, зная Q_{∞} и объем анализируемого раствора, по закону Фарадея рассчитывается общее количество ртути в растворе в начальный момент времени, и, соответственно, концентрация аналита

С помощью предложенного комбинированного метода были проанализированы растворы с концентрациями ионов ртути от $5 \cdot 10^{-8}$ М до $1 \cdot 10^{-6}$ М

Для проверки воспроизводимости результатов измерений были сняты инверсионные вольтамперограммы в трех растворах, содержащих $2,0$ и $5,0 \cdot 10^{-8}$ М $\text{Hg}(\text{II})$ при временах предэлектролиза $2,5$, 5 , $7,5$ минут и рассчитаны Q_r и c_{Hg} . Результаты приведены в таблице 1

Таблица 1 Результаты определения ртути комбинированным безэталоным методом в стандартных водных растворах ($n=3$; $P=0,95$)

Введенная $C=a \cdot 10^8$ М	V, мл	Q_r (теор), мкКл	Найденное Q_r , мкКл	Найденная $C=a_{\text{cp}} \cdot 10^8$ М
2,0	4,0	15,4	$15,8 \pm 0,6$	$a_{\text{cp}} = 2,2 \pm 0,4$
5,0	4,0	38,6	$38,2 \pm 0,5$	$a_{\text{cp}} = 4,9 \pm 0,4$

ВЫВОДЫ

- 1 Предложена и обоснована инструментальная комбинированная схема анализа, основанная на совмещении операций жидкостно-абсорбционного выделения ртути из воздуха и ее инверсионно вольтамперометрического определения в абсорбате
- 2 Выбран состав раствора для жидкостно-абсорбционного выделения неорганических и органических форм ртути из воздуха с целью их последующего инверсионно-вольтамперометрического определения
- 3 Разработана методика ИВА - определения ртути в воздухе с предварительным хромато-мембранным концентрированием с пределом обнаружения $0,05 \text{ мкг/м}^3$
- 4 Разработана измерительная ячейка и принципиальная схема автоматизированной вольтамперометрической установки для ИВА - определения ртути в воздухе
- 5 Разработан безэталонный комбинированный электрохимический метод определения ртути в водных растворах

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Аверьяскина Е. О., Ермаков С. С., Москвин Л. Н.* «Инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути в воздухе» // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам, Москва, 15-18 апреля 2003, тезисы докладов, т. 1, с 8
2. *Ермаков С. С., Аверьяскина Е. О., Москвин Л. Н.* Определение ртути в воздухе методом инверсионной вольтамперометрии // V Всероссийская конференция по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика-2003» с международным участием 6-10 октября 2003, Санкт-Петербург, Россия. Тезисы докладов, с. 155.
3. *Аверьяскина Е. О., Ермаков С. С., Москвин Л. Н.* Определение ртути в воздухе методом инверсионной вольтамперометрии // VI Всероссийская конференция по электрохимическим методам анализа с международным участием «ЭМА-2004». 23-27 мая 2004, Уфа, Россия. Тезисы докладов, с. 35-36.
4. *Аверьяскина Е. О., Ермаков С. С., Москвин Л. Н.* Определение ртути в воздухе методом инверсионной вольтамперометрии с электрогенерированием йода // VII конференция «Аналитика Сибири и Дальнего Востока- 2004». 11-16 октября 2004, Новосибирск. Тезисы докладов, т. 2, с. 85.
5. *Ермаков С. С., Аверьяскина Е. О., Москвин Л. Н.* Инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути в воздухе с жидкостно-абсорбционным выделением в фоновый электролит // Научное приборостроение. 2004. Т.14. №3. с. 44-47.
6. *Ермаков С. С., Аверьяскина Е. О., Москвин Л. Н.* Выбор состава жидкостно-абсорбционного концентрирования ртути из воздуха для последующего инверсионно-вольтамперометрического определения // Журнал прикладной химии. 2004. т 77. №10. с 1646-1648.
7. *Аверьяскина Е. О., Ермаков С. С., Л.Н. Москвин Л.Н.* Определение ртути в воздухе методом инверсионной вольтамперометрии с предварительным хроматомембранным концентрированием // 2 всероссийская конференция «Аналитические приборы». 27июня-1 июля 2005, Санкт-Петербург. Тезисы докладов с. 159-160.
8. *Аверьяскина Е. О., Ермаков С. С., Л.Н. Москвин Л.Н.* Инверсионно-вольтамперометрическое определение ртути с предварительным хроматомембранным концентрированием //IIIМеждународный симпозиум «Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии». 25-30 сентября 2005, Краснодар, Тезисы докладов с. 296.

Подписано в печать 12.04.2006.

Формат бумаги $60 \times 84 \frac{1}{16}$ Бумага офсетная Гарнитура Таймс

Печать офсетная. Усл. печ. л 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 3759.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии НИИХ СПбГУ
198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр.26

2006A
9217

- 9217