ПРИМЕНЕНИЕ ВЭЖХ С АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ

А.Яшин, к.х.н., А.Веденин, Я.Яшин, д.х.н., Компания "Интерлаб"
yashin@interlab.ru

УДК 543.544.5.068.7; ВАК 02.00.02

Большинство аналитических задач высокоэффективной жидкостной хроматографии – определение примесей и микропримесей. Для многих применений в жизненно важных областях, таких как медицина, криминалистика, токсикология, фармацевтика, контроль загрязнений окружающей среды и пищевых продуктов, необходимы детекторы с низкими пределами детектирования и высокой селективностью. Этим требованиям полностью отвечают амперометрические детекторы, которые, например, во много раз чувствительнее спектрофотометрических и ультрафиолетовых при определении маркеров заболеваний и окислительного стресса, а также полифенольных соединений. По сравнению с другими детекторами стоимость амперометрических детекторов обычно ниже, да и обслуживание заметно дешевле. Благодаря таким преимуществам интерес к амперометрическим детекторам постоянно растет, а по частоте применения они наряду с флуориметрическими занимают третье место после масс-спектрометрических и спектрофотометрических детекторов.

Амперометрические детекторы (АД) подходят для решения многих задач высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), так как обладают низкими пределами детектирования (высокой чувствительностью), позволяющими определять микропримеси без концентрирования. При этом для АД характерна высокая селективность, они регистрируют только анализируемые соединения, а основные компоненты матрицы не мешают определению. АД могут работать практически со всеми аналитическими методами хроматографии, это обращенно-фазовая ВЭЖХ и УВЭЖХ, гидрофильная, ион-парная, ионная. Они во много раз чувствительнее спектрофотометрических и ультрафиолетовых детекторов и по этому показателю не уступают масс-спектрометрическим детекторам. АД можно превратить в 3D, если реализовать режим работы при разных потенциалах, приложенных к серии рабочих электродов.

Большинство фирм комплектуют жидкостные хроматографы АД. Кроме ВЭЖХ, АД применяются в капиллярном электрофорезе, инъекционно-проточных системах, имеют хорошие перспективы в капиллярных ЖХ, в микрофлюидных системах, микро- и нанохроматографах.

Впервые АД для ВЭЖХ предложен в 1973 году [1] для определения катехоламинов в биологических жидкостях. В 1974 году фирма BAS начала выпускать коммерческие АД, а сегодня десятки компаний их производят серийно, при-

чем некоторые специализируются на выпуске только АД. АД входит в группу электрохимических детекторов (ЭХД), к которой также относятся: кулонометрический, кондуктометрический, потенциометрический, полярографический и др. Кондуктометрический детектор в основном применяют в ионной хроматографии для определения анионов и катионов в водных средах. Кулонометрический детектор – это по существу АД, в котором анализируемые соединения полностью окисляются при прохождении через пористые рабочие электроды. Как правило, в литературе под словом "электрохимические" подразумевают амперометрические детекторы. АД используют в окислительном режиме: при постоянном потенциале до 2 В на рабочем электроде аналиты окисляются, и электрический ток между ними возрастает. Этот сигнал усиливается, переводится в цифровую форму и регистрируется на экране компьютера. Восстановительный режим (при отрицательных потенциалах до –2 В) используют значительно реже из-за помех от растворенного кислорода в элюенте. В качестве рабочих электродов используют стеклоуглерод (наиболее востребован), золото, серебро, платину, медь и др. Разработан импульсный режим, в котором на рабочий электрод подается ряд кратковременных импульсов: после потенциала окисления следует потенциал восстановления. Поверхность рабочего электрода очищается от возможных окис-

ленных загрязнений, надолго обеспечивая стабильную работу. На золотом электроде в импульсном режиме в щелочной среде можно без дериватизации напрямую определять аминокислоты и сахара на уровне нанogramмов, что исключительно важно, так как для других, например УФ и СПФ-детекторов, необходима дериватизация. АД селективно определяет полифенолы, ароматические амины, тиолы, ароматические соединения с третичным азотом, с сопряженными двойными связями и др. Для расширения областей применения проводят и предварительную дериватизацию анализируемых веществ, в частности присоединение гидроксильных, аминных, тиольных групп к ароматическим соединениям.

Разработаны и применяются ячейки АД разных типов, чаще всего тонкослойные или типа "стенка-струя", когда происходит постоянная очистка поверхности рабочего электрода потоком элюента. Большим достижением АД и кулонометрического детектора является разработка многоэлектродных детекторов, в которых электроды соединены последовательно в цепь (до 16 и более) и находятся при разных потенциалах. С помощью такого детектора можно получить трехмерную хроматограмму. Пики, которые хроматографически не разделены, могут быть разрешены электрохимически.

Пределы детектирования АД зависят от структуры анализируемых соединений. Это изучено на примере изомеров положения (о, м и п), флавоноидов, оксиароматических кислот [2]. Установлена зависимость пределов детектирования АД от числа гидроксильных групп в бензольном кольце и в других ароматических соединениях, степени экранирования гидроксильных и других активных групп неактивными функциональными группами, "орто-эффекта" двух активных групп.

В книге [3] оценено число публикаций по АД до 2003 года. Больше всего применений АД в ВЭЖХ (около 9200), сотни – в капиллярном электрофорезе, в сенсорах. Чаще АД используются в медицине (3400 публикаций), фармацевтике (3200), химии (2900), биохимии (1400), контроле загрязнений окружающей среды (1150), в промышленности (800) и судебной химии (200). Отметим наиболее важные книги и обзоры по АД: [3–10].

МЕДИЦИНА

Сегодня ВЭЖХ с АД достаточно широко применяется в медицине как для диагностических целей: определение маркеров разных заболеваний; маркеров окислительного стресса; так и терапевтических: определение лекарств в биологических жидкостях; исследования разных биохимических процессов в организме человека; исследования фармакокинетики; определение отношений восстановленных и окисленных форм эндогенных антиоксидантов.

Исключительно важно определение нейротрансмиттеров – катехоламинов (адреналина, норадреналина, дофамина) в нейромедицине, нейробиологии. С помощью АД катехоламины определяются в плазме, слюне, моче без концентрирования на уровне нано-, пикограммов. Эти измерения проводят как с исследовательскими, так и диагностическими целями (диагностика феохромоцитомы, нейроblastомы, нейродегенеративных заболеваний). Обычно реакция на стресс заключается в активации синтеза катехоламинов и выделения их в кровь для мобилизации организма, как против внешней, так и внутренней угрозы при опасных заболеваниях.

В табл.1 приведен далеко не полный перечень маркеров, определяемых АД. Кроме катехоламинов следует выделить гомоцистеин, как независимый фактор риска тромбоза и сердечно-сосудистых заболеваний. При увеличении гомоцистеина на 20% риск инфаркта возрастает в четыре раза. Есть мнения, согласно которым гомоцистеин дает больше информации о состоянии здоровья, чем холестерин. Высокий показатель гомоцистеина в организме можно быстро уменьшить, если принимать витамины группы В: витамин В₆, витамин В₉ (фолиевая кислота), витамин В₁₂. Гомоцистеин нужно регулярно контролировать у людей, связанных со стрессовой малоподвижной работой, начиная с 40 лет.

По определению гомованилиновой и ванилилминдальной кислот в моче ребенка можно диагностировать первую стадию нейроblastомы, которая на 100% излечивается при ранней постановке диагноза. К сожалению, у нас нет массового скрининга, поэтому диагностируют нейроblastому у детей 3–4 степени, когда лечение очень дорогое и не всегда успешное.

В последние годы придается большое значение окислительному стрессу, который предшествует и сопутствует многим опасным заболеваниям. Опубликованы десятки книг, сотни обзоров и статей, в которых прослеживается связь окислительного стресса со многими болезнями [37, 38]. В организме возрастает содержание свободных радикалов, антиоксидантная система защиты не может их нейтрализовать, поэтому происходит окисление жизненно важных молекул, в частности молекул ДНК, белков, липидов, углеводов, а в биологических жидкостях обнаруживаются маркеры окислительного стресса, например, измененные нуклеозиды – продукты окисления молекул ДНК, хлор-, нитротирозины – маркеры окисления белков.

Отношение восстановленных и окисленных форм эндогенных антиоксидантов – весьма информативные показатели окислительного стресса. Кроме того, по ним можно судить о состоянии здоровья человека, так как исследования показали, что при всех патологиях эти отношения смещаются в сторону окисленных форм. Такие

Таблица 1. Определение маркеров заболеваний и окислительного стресса в биологических жидкостях

Соединения	Объект исследования	Группы риска, болезни	Ссылки
Ванилилминдальная, гомованилиновая кислоты		Нейробластома у детей	20
Витамины	Плазма крови	Терапевтические цели	35, 36
Гомоцистеин		Независимый фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний	21, 22
Иодид		Состояние щитовидной железы	24
Катехоламины – адреналин, норадреналин, дофамин		Феохромацитома и др. болезни	12–16
Кортизол	Слюна	Маркеры окислительного стресса	33
Липоевая кислота			34
Мочевая кислота			32
Леводопа, 3-о-метилдопа, карбидопа		Болезнь Паркинсона, эпилепсия	11
Никотин		Контроль курильщиков	29
Нитротирозин, хлортирозин и др.		Маркеры окисления белков	26
Нуклеозиды (измененные)		Маркеры окисления молекул ДНК	27
Полиамины (кадаверин, путресцин, спермин, спермидин)	Моча	Маркеры онкологических заболеваний	28
Серотонин		Карциноидный синдром	17–19
Сорбитол		Маркер диабетической нейропатии	23
Флавоноиды и фенольные кислоты	Плазма крови	Биодоступность природных антиоксидантов	30
Холестерин	Сыворотка крови	Предотвращение атеросклероза	31
Цистеин и индольные производные		Злокачественная меланома	25

измерения были бы полезны для людей, работа которых постоянно связана со стрессовыми ситуациями (космонавты, пилоты, машинисты, шахтеры и др.).

Практически все отношения восстановленных и окисленных форм эндогенных антиоксидантов определяются методом ВЭЖХ с АД. Чаще всего определяют отношения цистеина (CysH) к цистину (CysS) [39] и глутатиона восстановленного к окисленному (GSH/GSSG) [40]. Установлено, что для здоровых людей вне стрессового состояния первое отношение равно 30, а второе – 100, оба этих отношения уменьшаются при патологических состояниях. Отно-

шения убихинола к убихинону [41] и липоевой кислоты восстановленной к окисленной [42] определяются реже. Все приведенные соединения эндогенные, они постоянно присутствуют в биологических жидкостях человека. Аскорбиновая кислота попадает в биологические жидкости с пищей, свободными радикалами она может окисляться и переходить в дигидроаскорбиновую кислоту [43]. Следует отметить работы по определению на фемтомольном уровне измененных нуклеозидов в моче [44], глутатиона и тиолов в плазме [45]. В фирме Antec (в рекламных применениях) достигали уровня даже атто-

Таблица 2. Определение наркотических и психотропных веществ

Соединения	Ссылки
Героин, кодеин, кокаин, морфин, наркотин, папаверин, тебаин	56–61
Каннабиноиды (тетрагидроканнабинол и его метаболиты)	52–55
Метадон, палоксон	63
Мефедрон, 4-метилкатинон	64
Псилоцибин	62
Этилглюкуронид	65

молей (10^{-18} молей) [46], это рекордная чувствительность, такие пределы детектирования позволяют определять содержимое одной клетки [47].

Отметим другие важные публикации, в которых описаны исследования с применением АД: быстрая диагностика фенилкетонурии [48], эстрадиола в плазме [49], сахара в сыворотке [50], определение отношений 8-оксо-2-дезоксигуанозина к 2-дезоксигуанозину в биологических жидкостях на уровне пикограммов [51].

СУДЕБНАЯ ХИМИЯ

ВЭЖХ с АД в судебной химии, в основном, применяют для определения природных и синтетических наркотических средств в биологических жидкостях для подтверждения их употребления. В табл.2 приведены примеры анализа наркотических средств методом ВЭЖХ с АД. Этим способом можно определять практически все наркотические средства, в том числе и новые психотропные лекарства, а также надежный маркер потребления алкоголя – этилглюкоронид.

Другая важная задача судебной химии и токсикологии – криминальная экспертиза биологических жидкостей для определения причины отравления. В книге [3] "Применение ВЭЖХ с АД для анализа лекарств и ядов" обобщены результаты более 400 публикаций по анализу разных типов лекарств в биологических жидкостях с терапевтическими и судебно-медицинскими целями. Вышли обзоры также посвященные анализу методом ВЭЖХ с АД лекарств при их злоупотреблении [3, 8]. Выделим большой обзор 2016 года [8], посвященный этой теме, в нем кроме природных наркотиков обсуждаются статьи по определению новых синтетических наркотических средств. Опубликованы статьи и обзоры по определению отдельных классов соединений,

Таблица 3. Определение пищевой ценности продуктов питания

Соединения	Ссылки
Аминокислоты, белки, пептиды	69, 70
Антиоксиданты	76, 77
Витамины	74, 75
Жирные кислоты	73
Каротиноиды	78
Полисахариды	72
Сахара	71

в частности бензодиазепинов [66], с помощью АД. Отметим, что для определения амфетаминов необходимо прикладывать более высокие потенциалы [67].

АНАЛИЗ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И НАПИТКОВ

Методом ВЭЖХ с АД можно оценить пищевую ценность продуктов и напитков. Как известно, она определяется содержанием белков, жиров, углеводов, витаминов и антиоксидантов. Сегодня природные антиоксиданты признаны неотъемлемой частью здорового и полноценного питания, а также защитой от опасных болезней [68]. В табл.3 приведены примеры определения этих компонентов в пищевых продуктах и напитках. К сожалению, в продовольствие по разным причинам попадают загрязнители, опасные для здоровья человека. Установлены нормы содержания вредных веществ и разработаны ГОСТы с методиками их определения. Наиболее опасные загрязнители: микотоксины, пестициды, ветеринарные лекарства и др. Ветеринарные препараты добавляют в корма животных, а они с мясными или молочными продуктами попадают в организм человека. Особенно опасны антибиотики, так как при систематическом потреблении их в составе продуктов у человека возникает эффект привыкания. Когда при заболеваниях возникает необходимость в лечении антибиотиками, применение их не дает должного эффекта.

Ароматические амины – сильнейшие канцерогены – синтезируются в процессе обжарки белковых продуктов (мяса, хлеба, и др.). Любителям поджаренного мяса рекомендуют запивать его красным вином, чтобы нейтрализовать вредное действие ароматических аминов. Акрилоамид также признается канцерогенным веществом. Оно синтезируется при обжарке кофе

Таблица 4. Определение контаминантов продуктов питания

Соединения	Объект исследования, область применения	Ссылки
Акрилоамид (канцерогенное соединение)	Термически обработанные зерна кофе, какао	84
Антибиотики, ветеринарные препараты	Мясо и мясные продукты	81
Биогенные амины, гистамин	Рыба и рыбные продукты	85
Гетероциклические амины	Белковые продукты после термической обработки (жарки)	83
Микотоксины (зеараленон и его метаболиты)	Ветеринарный контроль	80
Пестициды	Продукты питания	79
Сульфамидные препараты	Молоко	82
Сульфит	Напитки, соки	86

и какао. Его концентрацию можно регулировать продолжительностью и температурой обжарки.

ВЭЖХ с АД широко применяют для определения полифенолов-антиоксидантов, а в составе инъекционно-проточных систем этот метод используют для определения общей антиоксидантной активности пищевых продуктов. В [87] с помощью этой системы определена антиоксидантная активность более 1400 продуктов: ягоды, фрукты, овощи, зелень, специи, орехи, чай, кофе, какао, шоколад, вино, пиво, соки, растительные масла, молочные, рыбные и мясные продукты и др. На базе этих измерений создана база данных суммарного содержания антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках [87, 88], эти сведения необходимы для проведения антиоксидантной терапии [89]. Подобные базы данных созданы не только в нашей стране, но и в США, Франции, Японии, Норвегии и др. [89]. Определены количества ежедневно потребляемых антиоксидантов в разных странах: США, Франции, Греции, Финляндии, Бразилии, Корее, Австралии и др. [89].

Методом ВЭЖХ с АД определяют водо- и жирорастворимые витамины в пищевых продуктах. В работе [90] оценены пределы детектирования витаминов (ПД): А – $8 \cdot 10^{-11}$ г, В₆ – $3 \cdot 10^{-11}$ г, С – 10^{-12} г, Д₃ – $7 \cdot 10^{-11}$ г, Е – $3 \cdot 10^{-11}$ г. Витамины Е определяют в растительных маслах [91], он состоит из 8 изомеров: 4 изомера токоферолов и 4 изомера токотриенолов. Ранее применяли в основном альфа-токоферол, иногда даже синтетический. А недавно выяснили, что триенолы значительно активнее токоферолов, особенно гамма-токотриенол. Витамин Д и провитамин Д определяют в рыбе [92], витамин С в фруктах, ягодах [93].

С помощью ВЭЖХ с АД можно проводить уникальные анализы, в частности, устанавливать тип мяса. Так, в [94] показано, что можно различать тип мяса из 15 видов.

Еще один вид исследований – определение биогенных аминов и гистамина в пищевых продуктах, в частности в рыбе [85]. Запах несвежей рыбы связан с гистамином. Биогенные амины могут присутствовать в сырах при нарушении технологии производства. При потреблении пищевых продуктов с гистамином у человека могут возникнуть головные боли и подняться давление. Перечислим другие интересные анализы с помощью АД: определение куркумина в куркуме [95], Q10 в мясе и других пищевых продуктах [96], ресвератрола в вине [97], изофлавонов в сое [77], красителей в пище [98].

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Прежде всего, отметим, что только методом ВЭЖХ с АД можно определять фенол и хлорфенолы в питьевых и поверхностных водах без концентрирования, а также фенол, изомеры крезол и дигидробензол в почвах (табл.5).

АД позволяет определять в сточных водах лекарства [100], а также цианиды (приняты ГОСТы) [103]. ВЭЖХ с АД можно регистрировать в окружающей среде загрязнители от ракетного топлива (диметилгидразин, метилгидразин, гидразин) на уровне ПДК [108]. Сотрудники аналитической кафедры МГУ сделали огромную работу государственной важности – они разработали десятки методик по определению этих загрязнителей и аттестовали их в Российской Федерации и в Казахстане [106, 107]. Аналитический центр в Байконуре с использованием этих методик выполнил

Таблица 5. Определение контаминантов окружающей среды

Соединения	Объект исследования	Ссылки
Бисфенол	Вода	102
Дифенилолпропан		104
Лекарства и гербициды		103
Фенол		99
Хлорфенолы		100
Цианиды		105
Фенол, крезолы	Почвы	101
Диметилгидразин, метилгидразин, гидразин	Вода, почвы, растения	106, 107

более десяти тысяч анализов загрязнителей в почве, воде, в растениях и других средах в течение пятнадцати лет.

ФАРМАЦЕВТИКА

В новых фармакопеях разных стран метод ВЭЖХ преобладает, он практически полностью заменил тонкослойную хроматографию. В Европейской фармакопее (раздел 5.5) для анализа антибиотиков рекомендуют применять ВЭЖХ с АД [109]. На предприятиях фармацевтической промышленности также преобладает метод ВЭЖХ с разными детекторами. Эта отрасль самая большая по использованию жидкостных хроматографов, сведения о применении ВЭЖХ с АД в фармацевтике приведены в табл.6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обзоре собраны сведения о различных сферах применения АД, в том числе уникальных. Некоторые исследования могут быть выполнены только методом ВЭЖХ с амперометрическим детектором. У АД есть хорошие перспективы дальнейшего развития и расширения областей использования. Можно выделить три направления:

- развитие и введение в аналитическую практику восстановительного режима АД, сегодня сфера его применения расширяется. Есть хорошие примеры применения восстановительного режима, в частности определение нитрозоаминов [113], высокомолекулярных жирных кислот [73], нитроароматических соединений [118];
- модифицирование поверхности рабочего электрода, как для улучшения чувствительности, так и для повышения селективности к определенным классам соединений. Применяется модифицирование углеродными

Таблица 6. Контроль качества и стандартизация в фармацевтике

Соединения	Ссылки
Аминокислоты	116
Анестетики	112
Бензодиазепины	66
Витамины	111
Маннитол, сорбитол, глюкоза	115
Антиоксиданты растительного происхождения	114
Фенольные соединения, в том числе в экстрактах растений	110, 117

нанотрубками [82], наночастицами металлов [94], разными оксидами, комплексными органическими соединениями [70];

- работа при повышенных потенциалах для определения соединений, которые при общепринятых потенциалах (1,2–1,3 В) не окисляются. Так, при потенциалах выше 2 В определяется холестерин в биологических жидкостях [31].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Kissinger P.T., Refshauge C., Dreiling R., Adams R.N.** An Electrochemical Detector for Liquid Chromatography with Picogram Sensitivity // *Anal. Lett.* 1973. V. 6. P. 465–477.
2. **Яшин А.Я.** Влияние структуры молекул полифенолов-антиоксидантов на чувствительность амперометрического детектирования в ВЭЖХ и инъекционно-проточных системах // *Сорбц. и хром. процессы.* 2014. Т. 14. С. 703–712.
3. **Flanagan R.J., Perrett D., Whelpton R.** Electrochemical Detection in HPLC: Analysis of Drugs and Poisons // *Royal Society of Chemistry: Cambridge.* UK. 2005.
4. **LaCourse W.R.** Pulsed Electrochemical Detection in High-Performance Liquid Chromatography. John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 1997.
5. **Яшин А.Я.** Амперометрическое детектирование в ВЭЖХ и проточно-инжекционных системах // *Зав. лаб.* 2012. Т. 78. С. 4–15.
6. **Trojanowicz M.** Recent developments in electrochemical flow detections – a review part II. Liquid chromatography // *Analytica chimica acta.* 2011. V. 688. P. 8–35.

7. **Яшин А.Я.** Определение биомаркеров методом ВЭЖХ с амперометрическим детектированием // АНАЛИТИКА. 2016. № 4. С. 106–112.
8. **Honeychurch K.** Review The application of liquid chromatography electrochemical detection for the determination of drugs of abuse // Separations. 2016. V. 3. P. 2–29.
9. **Евгеньев М.И., Будников Г.К.** ВЭЖХ с электрохимическим детектированием // Журнал аналитической химии. 2000. Т. 55. С. 1206–1213.
10. **Яшин А.Я.** Применение ВЭЖХ с амперометрическим детектированием в жизненно-важных областях: медицина, анализ пищевых продуктов, экология // В кн.: Хроматография на благо России / Под ред. А.А.Курганова. М.: Граница, 2007. С. 390–420.
11. **Karimi M., Carl J.L., Loftin S., Perlmutter J.S.** Modified high-performance liquid chromatography with electrochemical detection method for plasma measurement of levodopa, 3-O-methyldopa, dopamine, carbidopa and 3,4-dihydroxyphenyl acetic acid // Journal of Chromatography B. 2006. V. 836. P. 120–123.
12. **Kumar A., Hart J.P., McCalley D.V.** Determination of catecholamines in urine using hydrophilic interaction chromatography with electrochemical detection // Journal of Chromatography A. 2011. V. 1218. P. 3854–3861.
13. **Parrot S., Neuzeret P.C., Denoroy L.** A rapid and sensitive method for the analysis of brain monoamine neurotransmitters using ultra-fast liquid chromatography coupled to electrochemical detection // Journal of Chromatography B. 2011. V. 879. P. 3871–3878.
14. **Van Dam D., Vermeiren Y., Aerts T., De Deyn P.P.** Novel and sensitive reversed-phase high-pressure liquid chromatography method with electrochemical detection for the simultaneous and fast determination of eight biogenic amines and metabolites in human brain tissue // Journal of Chromatography A. 2014. V. 1353. P. 28–39.
15. **d'Herbomez M., Fozzy G., Bauter C.** et al. An analysis of biochemical diagnosis of 66 pheochromocytomas // Eur.J.Endocrinol. 2007. V. 156. P. 569–575.
16. **Głód B.K., Stańczak K.I., Woźniak A., Pakszys W.** Determination of catecholamines and the total antioxidant potential of blood plasma by use of an improved RPHPLC-ED assay // Acta Chromatographica. 2004. V. 14. P. 142–148.
17. **Parrott S., Lambos-Senas L., Sentenac S., Denoroy L., Renaud B.** Highly sensitive assay for the measurement of serotonin in microdialysates using capillary high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // Journal of Chromatography B. 2007. V. 850. P. 303–309.
18. **Lee M.-S., Cheng F.-C.** Determination of Plasma Serotonin and 5-Hydroxyindoleacetic Acid in Healthy Subjects and Cancer Patients // Clinical Chemistry. 2000. V. 46. P. 422–423.
19. **Patel B.A., Arundell M., Parker K.H., Yeoman M.S., O'Hare D.** Simple and rapid determination of serotonin and catecholamines in biological tissue using high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // Journal of Chromatography B. 2005. V. 818. P. 269–276.
20. **Mathien P., Greffe J., Philip T., Chanvin F.** Using HPLC in early detection of neuroblastoma. Mass screening for childhood cancer // Peak. 1991. № 3. P. 10–11.
21. **Agui L., Pena-Farfal C., Yanez-Sedeno P., Pingarron J.M.** Electrochemical determination of homocysteine at a gold nanoparticle-modified electrode // Talanta. 2007. V. 72. P. 412–420.
22. **Малинка М.К., Полуэктова М.В., Яшин А.Я.** Определение гомоцистеина в плазме методом ВЭЖХ с амперометрическим детектором // Сорбционные и хроматографические процессы. 2007. Т. 7. Вып. 1. С. 60–65.
23. **Sim H.-J., Jeong J.-S., Kwon H.-J., Kong T.H.** et al. HPLC with pulsed amperometric detection for sorbitol as a biomarker for diabetic neuropathy // Journal of Chromatography B. 2009. V. 877. P. 1607–1611.
24. **Blazewicz A., Orlicz-szczesna G., Szczesny P., Prystupa A., Grzywa-Celinska A., Trojnor M.** A comparative analytical assessment of iodides in healthy and pathological human thyroids based on IC-PAD method preceded by microwave digestion // Journal of Chromatography B. 2011. V. 879. P. 573–578.
25. **Hartleb J., Arndt R.** Cysteine and indole derivatives as markers for malignant melanoma // Journal of Chromatography B. 2001. V. 764. P. 409–443.
26. **Van Nuriel N., Deeb R.S., Hajjar D.P., Gross S.S.** Chapter 1. Protein 3-Nitrotyrosine in Complex Biological Samples: Quantification by High-Pressure Liquid Chromatography/Electrochemical Detection and Emergence of Proteomic Approaches for Unbiased Identification of Modification Sites // In: Enrique Cadenas and Lester Packer. Editor(s), Methods in Enzymology. Academic Press. 2008. V. 441. P. 1–17.
27. **Kasai H.** A new automated method to analyze urinary 8-hydroxydeoxyguanosine by a HPLC electrochemical detector system // J. Radiat. Res. (Tokyo). 2003. V. 44. P. 185–189.
28. **Hiramatsu K., Kamel S., Sugimoto M.** An improved method of determination free and acetylated polyamines by HPLC and electrochemical detection // J. Biochem. 1994. V. 115. P. 584–589.

www.technosphere.ru

ТЕХНОСФЕРА
Рекламно - издательский центр

Поможем в издании книги на любом этапе

- технический перевод
- литературное редактирование
- корректура
- дизайн
- верстка
- печать любых тиражей

*Ваша книга – лучший подарок
бизнес-партнерам!*

*Технологии будущего
в книгах и журналах АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»*

29. **Chin-Chen M.-L., Rambla-Alegre A.M., Durgavanshi A., Bose D., Esteve-Romero J.** Rapid and sensitive determination of nicotine in formulations and biological fluid using micellar liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography B*. 2010. V. 878. P. 2397–2402.
30. **Bolarinwa A., Linseisen J.** Validated application of a new high-performance liquid chromatographic method for the determination of selected flavonoids and phenolic acids in human plasma using electrochemical detection // *Journal of Chromatography B*. 2005. V. 823. P. 143–151.
31. **Hojo K., Hakamata H., Ito A., Kotani A., Furukawa C.** Determination of total cholesterol in serum by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 2007. V. 1166. P. 135–141.
32. **Inone K., Namiki T., Iwasaki Y.** Determination of uric acid in human saliva by HPLC with amperometric electrochemical detector // *Journal of Chromatography B*. 2003. V. 785. P. 57–63.
33. **Hellhammer D.H., Wust S., Kudielka B.M.** Salivary cortisol as biomarker in stress research // *Psychoneuroendocrinology*. 2009. V. 43. P. 163–171.
34. **Khan A., Khan M., Iqbal Z., Ahmad L., Shah Y., Watson D.S.** Determination of lipoic acid in human plasma by HPLC-ECD using liquid-liquid and solid-phase extraction: Method development, validation and optimization of experimental parameters // *Journal of Chromatography B*. 2010. V. 878. P. 2782–2788.
35. **Roy S., Venojarvi M., Khanna S., Sen C.K.** Simultaneous detection of tocopherols and tocotrienols in biological samples using HPLC-coulometric electrode array // *Methods enzymol.* 2002. V. 352. P. 326–332.
36. **Khan A., Khan M.I., Iqbal Z., Shah Y., Ahmad L. et al.** A new HPLC method for the simultaneous determination of ascorbic acid and aminothiols in human plasma and erythrocytes using electrochemical detection // *Talanta*. 2011. V. 84. P. 789–801.
37. **Oxidative stress—diagnostics prevention and therapy.** V. 2. Eds. H. Hapel, S. Andreescu. ACS Symposium series 1200. ACS-2015.
38. **Molecular basis of oxidative stress. Chemistry, mechanisms, disease pathogenesis.** Ed. F.A. Villamena. Wiley, 2013.
39. **Ashfaq S., Abramson J.L., Jones D.P., Rhodes S.D. et al.** The relationship between plasma levels of oxidized and reduced thiols and early atherosclerosis in healthy adults // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006. V. 47. P. 1005–1007.
40. **Monostori P., Wittman G., Karg E., Turi S.** Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples: An in-depth review // *Journal of Chromatography B*. 2009. V. 877. P. 3331–3346.
41. **Acworth I.N., Ullucci P.A., Gamache P.H.** Determination of oxidized and reduced COQ10 and COQ9 in human plasma-serum HPLC-ECD. In *Advanced protocols in oxidative stress* // Ed. D. Armstrong. N.Y: Humana press, 2008.
42. **Khan Z., Iqbal D.G., Watson A., Khan I. Khan N., Muhammad S., Muhammad H.A., Nasib N., Iqbal R., Faiz Ur., Kashif M.** Simultaneous determination of lipoic acid (LA) and dihydrolipoic acid (DHLLA) in human plasma using high-performance liquid chromatography coupled with electrochemical detection // *Journal of Chromatography B. Analytical technologies in the biomedical and life sciences*. 2011. V. 879. P. 1725–1731.
43. **Nagy E., Degrell L.** Determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plasma and cerebrospinal fluid by LC-ECD // *Journal of Chromatography* 1989. V. 497. P. 276–281.
44. **Revelo I.A., Piedate J.A.P., Oliveira-Brett A.M.** Development of an HPLC method with electrochemical detection of femtomoles of 8-Oxo- 7,8-dihydroguanine and 8-oxo-7,8-dihydroguanosine in the presence of uric acid // *Talanta*. 2004. V. 63. P. 323–331.
45. **Hiraku Y., Murata M., Kawanishi S.** Determination of intracellular glutathione and thiols by high performance liquid chromatography with a gold electrode at the femtomole level: comparison with a spectroscopic assay // *Biochim. Biophys. Acta*. 2002. V. 1570. P. 47–52.
46. **Reinhnd N.J., Brouwer H.J., Van Valkenburg C.F.M.** Attomole detection limits in micro HPLC-ECD // *Antec Leyden*. 220-001. № 4.
47. **Xia F., Jin W., Yin X., Fang Z.** Single-cell analysis by electrochemical detection with a microfluidic device // *Journal of Chromatography A*. 2005. V. 1063. P. 227–233.
48. **Zhang D., Li W., Zhang J., Tang W., Qian C., Feng M., Chu Q., Ye J.** Study on urinary metabolic profile of phenylketonuria by micellar electrokinetic capillary chromatography with dual electrochemical detection—potential clinical application in fast diagnosis of phenylketonuria // *Analytica Chimica Acta*. 2011. V. 694. P. 61–66.
49. **Yamada H., Yoshizawa H., Hayase T.** Sensitive determination method of estradiol in plasma using HPLC with electrochemical detection // *Journal of Chromatography B*. 2002. V. 775. P. 209–213.
50. **Cai Y., Liu J., Shi Y., Liang L.** Determination of several sugars in serum by HPAEC with PAD // *Journal of Chromatography A*. 2005. V. 1085. P. 98–103.
51. **Есипов Д.С., Сидоренко Е.В., Есипова О.В., Горбачева Т.А., Невредимова Т.С., Крушинский А.Я., Ку-**

Система менеджмента качества предприятия
сертифицирована на соответствие требованиям
международного стандарта ISO 9001

ПРОИЗВОДСТВО +
КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

Christmas®

shop.christmas-plus.ru
christmas-plus.ru
крисмас.рф

ПРЕИМУЩЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОИЗВОДИМОГО ЗАО «КРИСМАС+»

простота использования;
портативность, удобство для переноски;
не потребляет электроэнергию;
не требует специального химико-аналитического образования.

Оборудование экономит время
и существенно уменьшает затраты:
результаты лабораторного контроля
доступны уже через несколько минут
и прямо на месте обследования.

Имеет сертификаты соответствия.
Полностью соответствует требованиям
нормативных документов.

интернет-магазин
Крисмас
shop.christmas-plus.ru

- Оборудование для газового анализа, анализа воды (в том числе котловой), почвы, нефти и нефтепродуктов, санитарно-пищевого контроля
- Лаборатории химического контроля и разведки (аналог ВПХР)
- Судовые лаборатории
- Наборы для демеркуризации
- Лабораторное оборудование и приборы
- Передвижные лаборатории
- Учебное оборудование
- Лабораторная, офисная, школьная мебель
- Нормативно-методические и справочные документы

Стоимость
одного анализа:

от **6** руб.

Мы проектируем, оснащаем и обслуживаем лаборатории для решения самых различных задач: лаборатории санитарно-химического, санитарно-гигиенического и санитарно-пищевого контроля, медицинские, микробиологические и биохимические лаборатории, лаборатории контроля качества и технологические лаборатории, испытательные центры, химико-аналитические, агро-химические, экологические лаборатории и многие другие.

При крупных
заказах
предусмотрены
существенные
скидки и подарки!

191119 Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, дом 6
Тел./факс: (812) 575-50-81, 575-55-43, 575-54-07, 575-57-91
8 (800) 302-92-25 – звонок по России бесплатный
Факс: (812) 325-34-79
E-mail: info@christmas-plus.ru
Сайты: shop.christmas-plus.ru, christmas-plus.ru, крисмас.рф,
mebel.christmas-plus.ru, center-souz.ru

Офис продаж в Москве:
127247 Москва,
Дмитровское шоссе, д. 96, корп. 2
Тел.: (917) 579-66-02
E-mail: n-chemykh@christmas-plus.ru
Сайт: ecologlab.ru

ГАРАНТИЙНОЕ И ПОСЛАТАРИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ВОЗМОЖНА РАССРОЧКА ОПЛАТЫ
МИНИМАЛЬНЫЕ СРОКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

- зенков В.С., Реутов В.П. Определение отношения 8- оксо-дезоксигуанозина к 2-дезоксигуанозину в ДНК с помощью ВЭЖХ в сочетании с амперометрической детекцией // Вестник МИТХТ. 2010. Т. 5. С. 69–74.
52. **Nakahara Y., Sekine H.** Studies on Confirmation of Cannabis Use. I. Determination of the Cannabinoid Contents in Marijuana Cigarette, Tar, and Ash Using High Performance Liquid Chromatography with Electrochemical Detection // *J. Anal. Toxicol.* 1985. V. 9. P. 121–124.
53. **Nyoni E.C., Sitaram B.R., Taylor D.A.** Determination of Δ^9 -tetrahydrocannabinol levels in brain tissue using high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography B.* 1996. V. 679. P. 79–84.
54. **Nakahara Y., Sekine H., Cook C.E.** Confirmation of Cannabis Use II. Determination of Tetrahydrocannabinol Metabolites in Urine and Plasma by HPLC with ECD // *J. Anal. Toxicol.* 1989. V. 13. P. 22–24.
55. **Kokubun H., Uezono Y., Matoba M.** Novel method of determination of Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) in human serum by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Gan Kagaku Ryoho.* 2014. V. 41. P. 471–473.
56. **Ary K., Róna K.** LC determination of morphine and morphine glucuronides in human plasma by coulometric and UV detection // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2001. V. 26. P. 179–187.
57. **Rashid B.A., Aherne G.W., Katmeh M.F., Kwasowski P., Stevenson D.** Determination of morphine in urine by solid-phase immunoextraction and high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography A.* 1998. V. 797. P. 245–250.
58. **Todd R.D., Muldoon S.M., Watson R.L.** Determination of morphine in cerebrospinal fluid and plasma by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography.* 1982. V. 232. P. 101–110.
59. **Mashayekhi S.O., Ghandforoush-Sattari M., Hain R.D.W.** Rapid and sensitive quantitation of morphine using HPLC with electrochemical detection // *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics.* 2008. V. 33. P. 419–427.
60. **Zaromb S., Alcaraz J., Lawson D., Woo C.S.** Detection of airborne cocaine and heroin by high-throughput liquid-absorption preconcentration and liquid chromatography-electrochemical detection // *Journal of Chromatography.* 1993. V. 643. P. 107–115.
61. **Schwartz R.S., David K.O.** Liquid Chromatography of Opium Alkaloids, Heroin, Cocaine, and Related Compounds Using Electrochemical Detection // *Anal. Chem.* 1985. V. 57. P. 1362–1366.
62. **Lindenblatt H., Kramer E., Holzmann-Erens P., Gouzoulis-Mayfrank E., Kovar K.-A.** Quantitation of psilocin in human plasma by high-performance liquid Chromatography And electrochemical detection: Comparison of liquid-liquid extraction with automated on-line solid-phase extraction // *Journal of Chromatography B.* 1998. V. 709. P. 255–263.
63. **Somaini L., Saracino M.A., Marcheselli C., Zanchini S., Gerra G., Raggi M.A.** Combined liquid chromatography-coulometric detection and microextraction by packed sorbent for the plasma analysis of long acting opioids in heroin addicted patients // *Anal. Chim. Acta.* 2011. V. 702. P. 280–287.
64. **Zuway K.Y., Smith J.P., Foster C.W.** Detection and quantification of new psychoactive substances using HPLC – amperometric detection // *Analyst.* 2015. V. 140. P. 6283–6294.
65. **Kaushik R., LaCourse W.R., Levine B.** Determination of ethyl glucuronide in urine using reversed-phase HPLC and pulsed electrochemical detection (Part II) // *Anal. Chim. Acta.* 2006. V. 556. P. 267–274.
66. **Honeychurch K.C., Hart J.P.** Electrochemical Detection of Benzodiazepines, Following Liquid Chromatography, for Applications in Pharmaceutical, Biomedical and Forensic Investigations // *Insciences Journal.* 2014. V. 4. P. 1–18.
67. **Santagati N.A., Ferrara G., Marrazzo A., Ronsisvalle G.** Simultaneous determination of amphetamine and one of its metabolites by HPLC with electrochemical detection // *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2002. V. 30. P. 247–255.
68. **Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И.** Природные антиоксиданты – неотъемлемая часть здорового и полноценного питания и защита человека от опасных болезней. Обзор // Питание и обмен веществ / Научный редактор чл.-корр. АН А.Г.Мойсеенок. 2016. Вып.4. С. 378–394.
69. **Jandik P., Clarke A., Avdalovic N.** Analysing mixtures of amino acids and carbohydrates using bi-modal integrated amperometric detection // *Journal of Chromatography B.* 1999. V. 732. P. 193–201.
70. **Przyjazny A., Cox J.A.** Amperometric detection after HPLC separation of selected polypeptides and proteins at an electrode modified by mixed valent ruthenium oxide crosslinked with cyanide // *Electroanalysis.* 1993. V. 5. P. 657–661.
71. **Johnson D.C., Dobberpuhl D., Roberts R., Vanderberg P.** Pulsed amperometric detection of carbohydrates, amines, and sulfur species in ion chromatography: The current state of research // *Journal of Chromatography.* 1993. V. 640. P. 79–96.

72. **Martens D.A., Frankenberger W.T., Jr.** Determination of saccharides by high performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection // *Chromatographia*. 1990. V. 29. P. 7–12.
73. **Takamura K., Fuse T., Arau K., Kusu F.** A review of a new voltametric method for determining acids // *J. Electrochemical chem.* 1999. V. 468. P. 53–63.
74. **Iwase H.** Use of nucleic acids in the mobile phase for the determination of ascorbic acid in foods by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 2000. V. 881. P. 327–330.
75. **Shintani H.** HPLC analisis of vitamins E with electrochemical detection // *Pharm. Anal. Acta*. 2013. V. 4. P. 207–212.
76. **Gazdik Z., Reznicek V., Adam V.** Use of LC-ECD for the determination of antioxidants in fruits // *Molecules*. 2008. V. 13. P. 2823–2836.
77. **Klejdus B., Vasek J., Adam V.** Determination of isoflavones in soybeen food and human urine using LC-ECD // *Journal of Chromatography B*. 2004. V. 806. P. 101–111.
78. **Gamache P., Acworth I.** Measurement of dietary carotenoid isomers using HPLC-ECD. Application brief 162. Thermo Scientific.
79. **Achilli G.** Simultaneous determination of 27 phenols and herbicides in water by HPLC with multielectrode electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 1995. V. 697. P. 357–362.
80. **Fernando A., Mohammed Z., Gregorio C., Angel R.** Determination of zearalenone and its metabolites in urine samples by liquid chromatography with electrochemical detection using a carbon nanotube-modified electrode // *Journal of Chromatography A*. 2008. V. 1212. P. 54–60.
81. **Zhao F., Zhang X., Gan Y.** Determination of tetracyclines in ovine milk by high-performance liquid chromatography with a coulometric electrode array system // *Journal of Chromatography A*. 2004. V. 1055. P. 109–114.
82. **Bueno A.M., Contento A.M., Rios A.** Determination of sulfonamides in milk samples by HPLC with amperometric detection using a glassy carbon electrode modified with multiwalled carbon nanotubes // *J. Sep. Sci.* 2014. V. 37. P. 382–389.
83. **Van Dyck M.M.C., Rollmann B., De Meester C.** Quantitative estimation of heterocyclic aromatic amines by ion-exchange Chromatography And electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 1995. V. 697. P. 377–382.
84. **Casella I.G., Pierri M., Contursi M.** Determination of acrylamide and acrylic acid by isocratic liquid chromatography with pulsed electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 2006. V. 1107. P. 198–203.
85. **Maldonado M., Maeyama K.** Simultaneous electrochemical measurement method of histamine and N(τ)-methylhistamine by high-performance liquid chromatography-amperometry with o-phthalaldehyde-sodium sulfite derivatization // *Analytical biochemistry*. 2013. V. 432. P. 1–7.
86. **Amatatongchoi M., Stroysce W., Chairam W.** Simple flow injection for determination of sulfite by amperometric detection // *Talanta*. 2015. V. 133. P. 134–141.
87. **Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И.** Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека. М.: ТрансЛит, 2009. 212 с.
88. **Yashin Ya.I., Nemzer B.V., Ryzhnev V.Yu., Yashin A.Ya., Chernousova N.I., Fedina P.A.** Creation of a Databank for content of antioxidants in food products by a amperometric method // *Molekules* 2010. V. 15. P. 7450–7466.
89. **Nemzer B.V., Yashin A.Ya., Yashin Ya.I.** The Issues of antioxidant therapy // *Amer. J. Biomed. Sci.* 2013. V. 5. P. 80–108.
90. **Gratzfeld-Husgen A., Schuster R., Haeckes W.** Analysis of selected vitamins with HPLC and electrochemical detection // *Agilent Technologies. Application Note (A, B6, C, D3, E)*. 1991. Pub. Num. 5091–3194E.
91. **Sanchez-Perez A., Delgado-Zammarreno M.M., Bustamante-Rangel M.** Automated analysis of vitamin E isomers in vegetable oils by LC-ECD // *Journal of Chromatography A*. 2000. V. 881. P. 229–241.
92. **Ostermeyer U., Schmidt T.** Vitamin D and provitamin D in fish. Determination by HPLC with electrochemical detection // *Eur. Food Res. Technol.* 2006. V. 222. P. 403–413.
93. **Gazdic Z., Zitka O., Petrlova J., Vojtech A. et al** Determination of vitamin c (ascorbic acid) using HPLC coupled with electrochemical detection // *Sensors*. 2008. V. 8. P. 7097–7112.
94. **Chou C.-C., Lin S.-P., Lee K.-M., Hsu C.-T., Vickroy T.W., Zen J.-M.** Fast differentiation of meats from fifteen animal species by liquid chromatography with electrochemical detection using copper nanoparticle plated electrodes // *Journal of Chromatography B*. 2007. V. 846. P. 230–239.
95. **Long Y., Zhang W., Wang F., Chen Z.** Simultaneous determination of three curcuminoids in *Curcuma longa* L. by high performance liquid chromatography coupled with electrochemical detection // *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2014. V. 4. N. 5. P. 325–330.

96. **Niklowitz P., Doring F., Paulussen M., Menke T.** Determination of coenzyme Q10 tissue status via high-performance liquid chromatography with electrochemical detection in swine tissues (*Sus scrofa domestica*) // *Analytical biochemistry*, 2013. V. 437. P. 88–94.
97. **Zhu Y., Coury L.A., Long H., Duda C.T., Kissinger C.B., Kissinger P.T.** Liquid chromatography with multi-channel electrochemical detection for the determination of resveratrol in wine, grape juice, and grape seed capsules with automated solid phase extraction // *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 2000. V. 23. P. 1555–1564.
98. **Chailapakul O., Wanida W., Weena S., Kate G., Yifang Z., Zhiwei Z.** Analysis of sudan I, sudan II, sudan III, and sudan IV in food by HPLC with electrochemical detection: Comparison of glassy carbon electrode with carbon nanotube-ionic liquid gel modified electrode // *Food Chemistry*. 2008. V. 109. P. 876–882.
99. **Paterson B., Cowie C.E., Jackson P.E.** Determination of phenols in environmental waters using HPLC with electrochemical detection // *Journal of Chromatography A*. 1996. V. 731. P. 95–102.
100. МП УБК 1.30-2014. Методика измерений массовой концентрации хлорфенолов в питьевых и природных водах методом ВЭЖХ с амперометрическим детектором.
101. ISO 11709:2011. Specifies a method for the quantitative determination of selected coal-tar-derived phenols, namely phenol, methylphenols such as (o-, m-, p-) cresols and dihydroxybenzenes such as catechol, resorcinol and hydroquinone in soil by using HPLC with electrochemical detection.
102. **Gamache P., Asworth I.** Determination of bisphenols using HPLC-ECD. Thermo Scientific. Application Brief 161.
103. **Rivora L., De Carlo R.M., Cavalli S., Bruzzoniti M.C.** Simple SPE-HPLC determination of some common drugs and herbicides of environmental concern by pulsed amperometry // *Talanta*. 2015. V. 131. P. 205–212.
104. ГОСТ 32534-2013. Дифениолпропан. Определение содержания в воздушной среде. Росстандарт. М.: Стандартинформ, 2014.
105. ASTM D7511-12. Standard test method for total cyanide by segmented flow injection analysis in-line ultraviolet digestion and amperometric detection. <https://www.astm.org/Standards/D7511.htm>.
106. МВИ №81-05. Методика измерений массовой доли суммарных форм 1,1-диметилгидразина в почве методом ионной хроматографии с амперометрическим детектированием (ФР1.31.2008.04406).
107. МВИ №57-05. Методика выполнения измерений массовой концентрации 1,1-диметилгидразина, метилгидразина, гидразина и тетраметилтетразена в образцах природных вод методом ионной хроматографии с амперометрическим детектированием (ФР1.31.2008.04405).
108. **Смоленков А.Д.** Новые подходы к хроматографическому определению гидразинов и их производных в объектах окружающей среды. Докторская диссертация. М.: МГУ, 2014.
109. Европейская фармакопея. Раздел 5.5 / 5-е изд. Страсбург, 2005. <https://www.edqm.eu>.
110. **da Silveira G.D., Motta M.J., Muller L.S. et al.** Determination of phenolic antioxidants in Amazonian medicinal plants by HPLC WITH pulsed amperometric detection // *J. Liquid.Chromat.* 2015. V. 13. P. 1259–1266.
111. **Marsza M., Lebieczinska A., Czarnowski W., Szefer P.** HPLC method for the simultaneous determination of thiamine hydrochloride, pyridoxile hydrochloride and cyanocobalamins using in pharmaceutical formulations using coulometric electrochemical and ultraviolet detection // *Journal of Chromatography B*. 2005. V. 1094. P. 91–98.
112. **Yadach M., Blazewicz A., Fijalek Z.** Determination of local anesthetics in illegal products using HPLC method with amperometric detection // *Acta Poloniae Pharma – Drug Res.* 2012. V. 69. P. 397–403.
113. **Samuelsson R., Osteryoung J.** Determination of N-nitrosamines by HPLC separation with voltammetric detection // *Anal. Chim Acta*. 1981. V. 123. P. 97–105.
114. **Демченкова Е.Ю.** Стандартизация лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов на содержание антиоксидантов амперометрическим методом. Диссертация. М., 2012.
115. **Butler O., Forder J., Saunders J.** Analytical protocol for the sensitive determination of mannitol, sorbitol, glucose containing powders in pharmaceutical workplaces by ion chromatography using a pulsed amperometric detector // *J. Pharma Biomed. Analysis*. 2015. V. 106. P. 204–209.
116. **Чернобровкин М.Г., Шулгина М.В., Ананьева И.А., Шаповалова Е.Н., Шпигун О.Н.** Определение аминокислот в лекарственных препаратах ОФ ВЭЖХ с амперометрическим детектором // *Зав. Лаб.* 2007. Т. 73. С. 23–28.
117. **Семенистая Е.Н., Ларионов О.Г.** Изучение состава и антиоксидантной активности растительных экстрактов методом ВЭЖХ с УФ и амперометрическим детектированием // *Химико-фармацевтический журнал*. 2008. Т. 42. С. 43–48.
118. **Zang J., Guo C.X., Hu F. et al.** Electrochemical detection of ultratrace nitroaromatic explosives using ordered mesoporous carbon // *Anal. Chem. Acta*. 2011. V. 683. P. 387–391.

НОВЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ СЕРЫ И УГЛЕРОДА EMIA

Анализаторы серы и углерода EMIA-Pro и EMIA-Expert для быстрого и простого анализа черных и цветных металлов и сплавов, а также любых твердых минеральных проб

HORIBA
Scientific

- ✓ **Высокая производительность**
один цикл анализа, включая процедуру очистки, занимает всего 70 секунд.
- ✓ **Высокая точность определения малых концентраций серы**
благодаря обогреваемому фильтру, позволяющему анализировать даже влажные пробы.
- ✓ **Определение следовых концентраций углерода (до 0.6 ppm)**
вследствие использования высокоэффективной системы очистки газа-носителя.
- ✓ **До 200 анализов без технического обслуживания**
за счет применения инновационной бесшумной системы очистки фильтра.
- ✓ **Расширенные возможности программного обеспечения:**
 - Режим измерения устанавливается автоматически в зависимости от выбранного типа образца;
 - Интуитивное меню отображает в каждом окне только необходимые в данный момент функции;
 - Система самодиагностики автоматически локализует зону повреждения и предлагает алгоритм процедуры восстановления;
 - Навигатор обслуживания показывает все необходимые процедуры, сопровождая их справочными фото- и видеоматериалами.

NYTEK
instruments

Генеральный дистрибьютор HORIBA Scientific
АО «Найтек Инструментс»

127015, г. Москва, ул. Вятская, 70, оф. 509
Тел.: (495) 661-0681; nytek@nytek.ru; www.nytek.ru