

Новые материалы в качестве индикаторных электродов

Г. А. Кальменова, А. С. Мусина, Т. Маулетулы, П. С. Маденова

Институт высоких технологий Национальной атомной компании
“Атомпром”, Алматы, Казахстан

Разработанные теоретические основы поиска новых перспективных материалов с ценными физико-химическими свойствами, направленные на создание индикаторных электродов, позволили предложить элементный никель и сплав на его основе — ковар (29НК), а также полимерно-композиционный материал — углепластик в качестве материалов для индикаторных электродов. Показано, что критерием в выборе материалов является их растворимость в ртути и коррозионная стойкость в рабочих электролитах, которая, в свою очередь, определяется составом и строением их кристаллической решетки, физико-химическими свойствами образующихся на поверхности образца оксидных пленок и твердых продуктов реакции. Изучено влияние методов механической, химической и электрохимической подготовки рабочей поверхности углепластикового электрода и выявлены особенности процессов, проходящих при этом на границе раздела электрод—раствор.

Ключевые слова: новые материалы, индикаторный электрод, ртутно-пленочный электрод, ртуть, углепластик, никель, инверсионная вольтамперометрия.

Применение ртутно-пленочных электродов (РПЭ) позволяет снизить предел обнаружения элементов, поскольку отношение активной поверхности РПЭ к объему ртути значительно возрастает. Увеличивается разрешающая способность из-за того, что диффузия металла в фазе электрода весьма ограничена и пики растворения получают значительно более узкими. Ртутно-пленочные электроды получают, формируя пленки ртути на электроде предварительно или одновременно с осаждением металла в режиме *in situ*. Ртутная пленка в последнем случае образуется на стадии концентрирования и снимается на стадии измерения. Этот способ корректнее, так как ртуть препятствует построению общей кристаллической решетки металлов. В результате в анодном цикле каждый металл растворяется в свойственной ему области потенциалов, взаимное влияние металлов не проявляется и, таким образом, обеспечивается правильность результатов анализа.

При необходимости работы с РПЭ с предварительно образованной пленкой ртути используют две возможности его эксплуатации [1]. Первая из них — ограничение его потенциала в анодном цикле величиной, недостаточной для растворения ртути. Хорошие результаты получают при определении наличия электроотрицательных металлов, например кадмия и свинца. Токи окисления электроположительных металлов, например меди, растут со временем, поскольку медь при таком ограничении потенциала не успевает раствориться. Уменьшение скорости развертки напряжения до 0,020 В/с на стадии измерения позволяет устранить это явление. Вторая

© Г. А. Кальменова, А. С. Мусина, Т. Маулетулы, П. С. Маденова, 2010

возможность возникает при анализе растворов, в которых соли одновалентной ртути малорастворимые. При этом анодная поляризация электрода на стадии измерения сопровождается появлением на поверхности электрода малорастворимой соли ртути, которая при катодной поляризации на стадии концентрирования восстанавливается и снова образует работоспособный слой ртути. Наличие гистерезиса позволяет многократно использовать электрод с уже сформированной ртутной пленкой.

Функционирование РПЭ в значительной мере определяется его подложкой, которая должна обеспечивать хорошее сцепление с ртутью и быть инертной по отношению к ней. С этой целью используют в основном благородные металлы [2—5]. Ртутно-пленочные электроды на подложке из иридия позволяют определять наличие Cd и Pb в области содержаний 0,1—5 мг/л [2]. Детально исследован ртутно-пленочный платиновый электрод с электрохимическим обновлением ртутной пленки *in situ* в присутствии ионов кадмия ($C < 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л), обеспечивающих хорошую адгезию ртути на платиновой подложке [3]. Показано, что электрохимические свойства получаемого РПЭ остаются постоянными при толщине ртутной пленки ~ 10 ($d = 0,14$ мм) и ~ 25 мкм ($d = 0,45$ мм). Полагают, что с увеличением диаметра d Pt-проволоки начинает сильнее проявляться краевой эффект. Это требует увеличения толщины пленки. При использовании неподвижного РПЭ на фоне 0,1 М HClO₄ были зарегистрированы четкие сигналы восстановления кадмия и индия (III) в присутствии комплексонов, вызывающих лиганд — индуцированную адсорбцию их комплексов на ртутном электроде.

В равной мере РПЭ применяют для определения анионов. В частности, методом дифференциальной импульсной катодной вольтамперометрии на ртутно-пленочном серебряном электроде проведено определение йодатов путем их восстановления в йодиды в 0,1 М NaOH при потенциале пика 1,3 В (отн. н. к. э.) [4].

Благодаря своей инертности к ртути большое распространение в электроанализе, в том числе при определении тяжелых металлов, получили РПЭ на углеродсодержащей подложке [6—14]. На ртутно-графитовом электроде (РГЭ) методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА) проведено определение кадмия, свинца и меди с использованием в качестве фонового электролита буфера Бриттона—Робинсона (pH = 5), после накопления при потенциале $E = -1,0$ В потенциалы максимального тока при этом составили $-0,25$; $-0,08$; $+0,30$ В соответственно [6]. Для определения кадмия, свинца и меди и флокулянта КФ-9 в природных и сточных водах используют метод переменного-токовой ИВА на РГЭ [7], а наличие висмута, кадмия и свинца в природных и техногенных объектах на уровне содержаний 0,5—100 мг/кг устанавливают с помощью инверсионной вольтамперометрии на ртутно-пленочном стеклоуглеродном электроде [8]. Тонкопленочный ртутный микроэлектрод *in situ* из графитового волокна применен для инверсионной вольтамперометрии при определении свинца (II) в природных водах без фонового электролита и для удаления кислорода [9]. Для быстрого получения воспроизводимой, покрытой ртутью поверхности исследованы угольнопастовые электроды,

модифицированные различными солями ртути (1+/2+) с низкой растворимостью в водных растворах [10].

Измерения на РПЭ проводят как в водных, так и в органических средах [5, 15]. Описана методика вольтамперометрического определения примесей тяжелых металлов в спиртах [15] и тиогликолевой кислоте, рабочим электродом служил ртутно-пленочный электрод на серебряной подложке [5].

Для повышения чувствительности используют различные конструкции электродов. Предлагается волокнистый ртутный электрод с вертикальной циркуляцией электролита за счет капиллярных явлений [11] или электродное устройство, состоящее из контура нагревателя и измерительного контура [12]. Чувствительность в них повышается за счет увеличения рабочей поверхности электрода или температуры. Для достижения стабильности и воспроизводимости результатов на углеродсодержащий электрод под ртутную пленку наносят дополнительно полимерную пленку (поливинилпиридин, перфторированный анионообменный полимер Tosflex /оксин, цистеин и т. д.) [13, 14]. При этом на РПЭ, модифицированном цистеином на стеклоуглеродной подложке, наблюдаются четкие сигналы при +0,05 и -0,16 В, пригодные для высокочувствительного определения меди до $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л [14]. Снижение предела обнаружения по сравнению с достигаемым на немодифицированном электроде обусловлено адсорбцией комплекса меди (+) с йодом. Роль таких добавок заключается в образовании активных комплексов внутри адсорбционного слоя, которые ускоряют реакцию электровосстановления металлов на РПЭ, как, например, цинка на ртутном электроде в присутствии тиомочевины [16] или никеля и кобальта на РПЭ *in situ* с добавкой диметилглиоксима [17].

Для достижения избирательности и понижения предела обнаружения в методе инверсионной вольтамперометрии, включающем катодный процесс концентрирования металлов на индикаторном электроде и последующее их информативное анодное растворение, особо велика роль фонового электролита. Обычно предел обнаружения ниже при обратимости электродной реакции [1]. Кроме того, для обратимых систем значение потенциала полуволны можно предварительно оценить из полярографических данных, так как оно приблизительно равно потенциалу полуволны. Со снижением обратимости процесса, то есть скорости переноса заряда, уменьшается измеряемый сигнал, а величина потенциала полуволны смещается к положительным величинам. То же самое можно утверждать и об избирательности, которая уменьшается из-за уширения пиков.

В некомплексообразующих электролитах редко можно добиться достаточной избирательности. Это удается лишь при анализе “чистых” растворов, анализе некоторых вод и т. д. Часто избирательность можно улучшить, используя подходящее комплексообразующее вещество, которое смещает волны присутствующих деполаризаторов по оси потенциалов в зависимости от устойчивости образующихся комплексов, их состава и концентрации комплексообразующего вещества.

В некоторых случаях выгодно применять замену раствора, проводя накопление в некомплексообразующей среде, а растворение — в комплексообразующей или наоборот. Примером существенного улучшения избирательности служит разделение пиков свинца, олова и таллия в 1 М

соляной кислоты, где пики этих металлов практически сливаются в пределах потенциалов $-0,4 \dots -0,5$ В [1]. Замена основного электролита на электролит с комплексообразующими добавками позволяет сместить пики свинца и олова в более отрицательную область потенциалов. Так, например, в щелочных растворах (KOH, NaOH) потенциалы пиков свинца и таллия равны соответственно $-0,71$ и $-0,51$ В. При этом можно использовать и растворы солей сильных щелочей и слабых кислот.

При совместном определении металлов большую роль играет разрешающая способность индикаторного электрода. Ртутно-пленочный электрод, позволяющий концентрировать вещества в $100-1000$ раз по сравнению с их концентрацией в растворе, рассматривается как плоский, и потому при составлении уравнений не требуется введения поправок на кривизну электрода. Для ртутной пленки толщиной l (см) концентрация вещества в пленке приблизительно равна:

$$C_M = I_n \tau / A l n F ,$$

где I_n — предельный ток, А; τ — время предварительного электролиза, с; A — площадь активной поверхности электрода, см^2 ; n — число электронов, принимающих участие в электродной реакции; F — число Фарадея.

Из выведенного де Вризом и ван Даленом [18] теоретического уравнения для очень тонких пленок, использованного для расчетов концентраций окисленной и восстановленной форм вещества у поверхности раздела электрод—раствор и потока вещества у этой поверхности, следует, что I_n возрастает с уменьшением l и увеличением скорости развертки v_p .

С увеличением v_p и l потенциал пика смещается в область положительных значений, возрастает ширина полупика и разрешающая способность падает. Тонкие пленки, таким образом, обладают особым преимуществом, поскольку позволяют использовать относительно высокие скорости развертки (уменьшение предела обнаружения) без существенного ухудшения разрешающей способности (из-за увеличения потенциала полупика $v_p/2$).

Для более толстых пленок простая пропорциональность между I_n и v_p переходит в зависимость $I_n \sim v_p^\alpha$ (при увеличении l значение поправочного коэффициента толщины пленки α приближается к $0,5$; например, $\alpha = 0,5$ при $l = 100$ мкм и $\alpha = 1$ при $l = 4$ мкм) [18]. Уменьшение толщины пленки зависит от материала подложки [19]. Показано, что воспроизводимые катодно-анодные волны хорошо согласуются с теоретически рассчитанными вольт-амперными кривыми для РПЭ с инертными подложками при l от $1,5$ мкм до 10 нм и с подложками из серебра при $l = 6-0,1$ мкм [20]. Для подложки из серебра при $l < 0,1$ мкм наблюдается отклонение эксперимента от теории, в частности уменьшается высота анодного пика, что, как предполагается, обусловлено взаимодействием металла, растворенного в ртути с подложкой.

Из изложенного следует, что в осуществлении высокочувствительного анализа значительную роль играют состав фонового раствора и разрешающая сила электрода, определяемая толщиной ртутной пленки, которая, в свою очередь, зависит от материала подложки.

В связи с этим представляет интерес изучение различных факторов: состава электролита, материала подложки и других электрохимических параметров, характеризующих аналитические свойства новых индикаторных электродов из углепластика и ртутно-пленочных на основе металлов группы железа при определении наличия как электроположительных, так и электроотрицательных металлов.

Целью настоящей работы является создание индикаторных электродов из новых материалов для электрохимических методов анализа при определении широкого круга элементов.

В качестве объектов исследования использованы углепластик (полимерно-композиционный материал на основе углеволокна) и металлы группы железа.

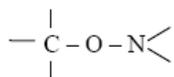
Методика эксперимента

Инверсионно-вольтамперометрические измерения выполняли с помощью потенциостата ПИ-50-1.1, используя в качестве электрохимического датчика углепластик, никель, сплав 29НК с площадью видимой поверхности $0,2 \text{ см}^2$. После каждого измерения проводили электрохимическое регенерирование поверхности электрода, выдерживая электрод при положительном потенциале $0,7 \text{ В}$, и механическое: шлифованием рабочей поверхности специальной пастой (или порошком Al_2O_3), затем фильтровальной бумагой. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный (Ag^+/AgCl) электрод (х. с. э.), потенциал которого относительно нормального водородного электрода в $0,1 \text{ М КСl}$ равен при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ $+0,222 \text{ В}$, вспомогательным электродом служила платиновая проволока. Вольтамперограммы регистрировали на двухкоординатном самопишущем потенциометре ПДА-1 в режиме анодной инверсионной вольтамперометрии со скоростью развертки потенциала $0,1 \text{ В/с}$.

Разработанные теоретические основы поиска новых перспективных материалов с ценными физико-химическими свойствами, направленные на создание индикаторных электродов, позволили предложить элементный никель и сплав на его основе — ковар (29НК), а также полимерно-композиционный материал — углепластик в качестве материалов для индикаторных электродов. Изучена устойчивость этих материалов в различных электролитах, наиболее широко применяемых в методе инверсионной вольтамперометрии (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , NH_4Cl , NaOH). Выявлен механизм реакций, проходящих в процессе их коррозии. Установлено, что указанные материалы обладают высокой коррозионной стойкостью: никель — в слабокислых и щелочных, 29НК — в кислых и слабокислых средах, углепластик проявил высокую устойчивость во всех средах.

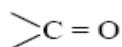
Впервые получены качественные ртутно-пленочные электроды на никелевой и коваровой подложках нанесением ртути разработанными нами электролитическими способами. Изучены электродные процессы на образцах из этих материалов. Сделан вывод, что основным критерием в выборе электродных материалов является их растворимость в ртути, которая определяется типом связи, строением кристаллической решетки и физико-химическими свойствами образующихся на поверхности образца твердых продуктов реакции, находящихся в равновесии. Большую информацию о поведении сплавов в ртути можно получить из соответствующих, как двойных, так и тройных, диаграмм состояния.

Особое внимание уделено полимерно-композиционному материалу на основе углеволокна — углепластику, который рассматривался нами перспективным для изготовления как индикаторных электродов, так и контакт-деталей в коммутирующих приборах. Рентгенофазовым анализом установлено сохранение его графитоподобной структуры, характерной для исходного углеволокна. Сделано заключение о существовании функциональных групп, определяющих активные свойства углепластика



Согласно литературным данным, в “углеродной” составляющей углепластика, являющейся продуктом термодеструкции полиакрилонитрила, содержание азота составляет 2—6% и он входит в состав указанных функциональных групп (с преобладанием аминогрупп). Кроме того, наблюдается образование кислородсодержащих поверхностных соединений. Известно, что как в процессе синтеза и активации угля, так и при адсорбции молекулярного кислорода на обезгаженной поверхности в зависимости от типа углеродного материала максимальное содержание кислорода составляет 0,5—3 ммоль/л угля [21].

При анализе механизма электрокаталитического действия необходимо учитывать как химическое, так и электрохимическое строение межфазной границы. Химический состав поверхностных соединений определяет структуру активных центров, а распределение скачка потенциала на границе раздела оказывает существенное влияние на энергию активации электрокаталитической реакции. При интерпретации результатов нами предпринято отождествление поверхностных кислородсодержащих соединений с функциональными группами, известными из органической химии, например



Здесь можно отметить как электронодонорные (основные), так и электроноакцепторные (кислотные) фрагменты. В то же время, по мнению некоторых авторов, считается сомнительным существование кислых групп такой силы, как карбоксильные в окисленных углях и других углеродных материалах [22].

Из рассмотрения потенциально возможных функциональных групп на поверхности углепластика можно судить о преобладании основных (электронодонорных) групп, определяющих структуру активных центров. Утверждать, что количественно преобладают те или иные группировки, затруднительно. В наших рассуждениях в большей степени будем опираться на амидные фрагменты, как наиболее достоверно установленные. Предполагается, что адсорбция воды [22] на углеродных материалах протекает по кластерному механизму за счет образования водородных связей с кислородсодержащими поверхностными соединениями. Каждая адсорбированная молекула воды является вторичным адсорбционным центром, способным образовывать водородные связи с другими молекулами воды.

Влияние способов предварительной обработки поверхности углепластикового электрода на его функциональные качества изучено при исследовании окислительно-восстановительных процессов ртути методом инверсионной

вольтамперометрии в 0,1 М азотной кислоты. Получены циклические вольтамперограммы ртути на электроде после механической и электрохимической обработок с постепенным увеличением развертки потенциала. Катодные кривые на электроде после механической обработки имеют максимум тока в области ~0,1 В и переходят на вторую волну восстановления при потенциале -0,2 В. На анодных поляризационных кривых наблюдаются два пика растворения ртути — первый пик в области 0,22—0,28 В, второй — в области 0,42—0,60 В. Исходя из данных по определению адсорбционных свойств углепластикового материала, предполагаем, что процессу восстановления ртути предшествует быстротекающее связывание ртути — образование псевдокомплекса на активных координационных центрах (функциональные группы), имеющее равновесный характер. Первый пик на катодных кривых отвечает, по-видимому, восстановлению ионов Hg^{2+} из псевдокомплекса до элементной ртути, а второй — электродному процессу восстановления ионов Hg^{2+} , не связанных в псевдокомплексы.

При электрохимической обработке, по нашему мнению, активные координационные центры оказываются блокированными, вследствие чего образования псевдокомплексов не наблюдается и происходит одностадийное восстановление ионов Hg^{2+} из раствора, где совпадают области максимумов пиков токов окисления со второй волной после механической обработки (0,55—0,62 В).

Выводы

Разработан теоретический подход к подбору новых материалов для изготовления индикаторных электродов. Сделан вывод, что критерием в выборе материалов является их растворимость в ртути и коррозионная стойкость в рабочих электролитах, которая, в свою очередь, определяется составом и строением их кристаллической решетки, физико-химическими свойствами образующихся на поверхности образца оксидных пленок и твердых продуктов реакции.

Изучено влияние механической, химической и электрохимической обработок рабочей поверхности углепластикового электрода и выявлены особенности процессов, проходящих при этом на границе раздела электрод—раствор. Показано, что для получения достаточно высоких аналитических сигналов необходима подготовка поверхности электрода в следующей последовательности: сначала механическая, затем электрохимическая обработки. Установлено, что механическая обработка поверхности электрода способствует восстановлению ионов ртути через формирование псевдокомплексов, тогда как электрохимическая приводит к непосредственному восстановлению ее из раствора.

1. *Выдра Ф., Штулик К., Юлакова К.* Инверсионная вольтамперометрия. — М.: Мир, 1980. — 278 с.
2. *Le Droffoff B., El. Khakani M. A.* Влияние геометрии микроэлектрода на процесс диффузии и электрохимическое поведение иридиевого микроэлектрода, электролитически покрываемого ртутью // *Electroanalysis*. — 2001. — **13**, No. 18. — P. 1491—1496.
3. *Хосроева Д. А., Турьян Я. И., Стрижов Н. К.* Вольтамперометрический электрод с электрохимическим обновлением ртутной пленки // *Журн. аналитической химии*. — 1992. — **47**, вып. 7. — С. 1289—1292.
4. *Yosypchuk B., Novotny L.* Применение серебряных твердых амальгамных электродов для определения йодатов // *Electroanalysis*. — 2002. — **14**, No. 15—16. — P. 1138—1142.
5. *Максимкина Л. М., Лоскутова Е. Е., Дорофеева В. В.* Инверсионно-вольтамперометрическое определение микропримесей свинца, кадмия и меди в тиогликолевой кислоте // *Зав. лаборатория*. — 1996. — **62**, № 5. — С. 17—18.

6. *Олихова С. В., Геворгян А. М., Вахненко С. В.* Анализ губных помад на тяжелые металлы методом инверсионной вольтамперометрии // Там же. — 2003. — № 1. — С. 21—22.
7. *Петров С. И., Иванова Ж. В.* Определение ионов меди, свинца, кадмия и флокулянта КФ-91 в природных и сточных водах методом переменного тока инверсионной вольтамперометрии // Журн. аналитической химии. — 2000. — **55**, № 11. — С. 1224—1228.
8. *Нестерина Б. М., Бебешко Г. И.* Инверсионно-вольтамперометрическое определение низких содержаний Вi, Рb и Cd в природных и техногенных объектах // Зав. лаборатория. — 2002. — № 3. — С. 13.
9. *Бумбер А. А., Нечитайлов Ю. Н., Профатилова И. А., Игнатенко Е. Г.* Применение ультрамикроразъемных электродов для определения свинца в природных водах методом инверсионной вольтамперометрии // Журн. аналитической химии. — 2000. — **55**, № 7. — С. 742—745.
10. *Kho S. O., Goo S. E., Hwan S. H.* Быстро возобновляемый и воспроизводимый УПЭ, покрытый ртутной пленкой, для анодной ИВА // *Electroanalysis*. — 2002. — **14**, No. 12. — P. 813—822.
11. *Пат. 2731775 Японии.* Способ и устройство для электролиза с применением волокнистого ртутного электрода с вертикальной циркуляцией электролита за счет капиллярных явлений / Ким Кван Ю. — Оpubл. 27.04.1999.
12. *Пат. 19826896 Германии DE A1.* Электрохимический датчик / Schmehl, Matthias. — Оpubл. 23.03.2000.
13. *Yang Hao-Yun, Sun L-Wen.* Cathodic stripping voltammetric determination of tellurium (IV) in chloride media using a tosflex/8-quinolinol mercury film electrode // *Electroanalysis*. — 1999. — **11**, No. 3. — P. 195—200.
14. *Bai Yan, Run Xiangyan, Mo Jinyan, Xie Yanqin.* Potentiometric stripping analysis of copper using cysteine modified mercury film electrode // *Anal. Chim. Acta*. — 1998. — **373**, No. 1. — P. 39—46.
15. *Каменев А. И., Коваленко М. А.* Особенности измерения микроколичеств Рв (2+) на модифицированном ртутно-углесталловом электроде в спиртовых растворах. Высокие технологии в промышленности России // Материалы 5-й Международ. науч.-техн. конф., Москва, 21—22 апреля 1999. — М.: Междунар.-академ.-информат., 1999. — С. 297—300.
16. *Mareensta B.* Study of zinc (II) reduction at the Hg electrode from water-ethanol and water acetone mixtures in the presence of thionin // *Indian J. Chem. A*. — 1997. — **36**, No. 5. — P. 440—445.
17. *Adelolu S. B., Hadjichari A.* Simultaneous determination of nickel and cobalt in natural water and sediment samples on an in situ plated mercury film electrode by adsorptive cathodic stripping voltammetry // *Anal. Sci*. — 1999. — **15**, No. 1. — P. 95—100.
18. *De Vries W. T., van Dalen E.* // *J. Electroanal. Chem*. — 1965. — **9**. — P. 448.
19. *Мусина А. С., Бухман С. П.* О поведении труднорастворимых металлов в ртути. — Алматы, 2004. — С. 52.
20. *Греч С., Синг К.* Адсорбция, удельная поверхность, пористость. — М.: Мир, 1970. — 407 с.
21. *Горностаева Т. Д., Пронин В. А.* Полярографические определения золота в некоторых золотосодержащих рудах и продуктах их переработки с предварительным концентрированием его на графитовом электроде // Журн. аналитической химии. — 1971. — **26**, вып. 9. — С. 1736—1739.
22. *Wikiel K., Kublik Z.* Voltammetry at the mercury film electrodes. Comparison of theoretical and experimental results obtained for indium in thiocyanate medium // *J. Electroanal. Chem*. — 1984. — **161**, No. 2. — P. 269—281.

Нові матеріали в якості індикаторних електродів

Г. А. Кальменова, А. С. Мусіна, Т. Маулетули, П. С. Маденова

Розроблені теоретичні основи пошуку нових перспективних матеріалів з цінними фізико-хімічними властивостями, направлені на створення індикаторних електродів, дозволили запропонувати елементарний нікель і сплав на його основі — ковар (29НК), а також полімерно-композиційний матеріал — вуглепластик в якості матеріалів для індикаторних електродів. Показано, що критерієм вибору матеріалів є їх розчинність в ртуті та корозійна стійкість в робочих електролітах, яка, в свою чергу, визначається складом і будовою їх кристалічної ґратки, фізико-механічними властивостями оксидних плівок та твердих продуктів реакції, що утворюються на поверхні зразку. Вивчено вплив методів механічної, хімічної та електрохімічної підготовки робочої поверхні вуглепластикового електроду і виявлено особливості процесів, що відбуваються на границі розділу електрод—розчин.

Ключові слова: нові матеріали, індикаторний електрод, ртутно-плівковий електрод, ртуть, вуглепластик, нікель, інверсійна вольтамперометрія.

New materials as display electrodes

G. Kalmenova, A. Musina, T. Mauletuli, P. Madenova

The developed theoretical bases of search of new, perspective materials with the valuable physical and chemical properties, directed on creation of display electrodes have allowed to offer element nickel and an alloy on its basis — kovar (29NK), and also a polymer-composite material — carbon plastic, as materials for display electrodes. It is shown that criterion in a choice of materials is their solubility in mercury and corrosion firmness in working electrolytes which is in turn defined by structure and a structure of their crystal lattice, the physical and chemical properties, formed on a surface of the sample оксидных films and firm products of reaction. Influence of methods of mechanical, chemical and electrochemical preparation of a carbonplastical electrode working surface is studied and features of the processes which are passing thus on border are revealed has undressed an electrode-solution.

Keyword: new materials, indicator electrode, mercuric-film electrode, mercury, carbonplastic, nickel, stripping voltammetry.