

$W_{inf} = 11,17 \text{ млн.м}^3 - 2,3 \text{ млн.м}^3 - 3,7 \text{ млн.м}^3 = 5,17 \text{ млн.м}^3$
води.

Отже, річне поповнення на розрахунковій площі складає близько 5,17 млн.м³ ґрунтових вод.

Висновки. У результаті проведених балансових розрахунків необхідно зробити наступні висновки:

1. Основними складовими частинами водного балансу є інфільтрація атмосферних опадів, випаровування з поверхні водного дзеркала ґрунтового потоку і переливання через вододільний прошарок.

2. Величина підземного стоку (горизонтальний приплив-відтік ґрунтових вод) незначна й суттєвої ролі у формуванні водного балансу не відіграє.

3. Величини водного балансу орієнтовні за рахунок усереднення деяких параметрів і вони дають лише загальне уявлення про основу складових балансу і їхнього взаємозв'язку, проте згідно наведених даних водний баланс, розрахований по середніх багаторічних показниках, позитивний.

4. Проведені розрахунки ще раз доводять необхідність прийняття заходів щодо вирішення питання додаткового скидання ґрунтових вод з досліджених територій. В іншому випадку процес підтоплення буде прогресувати із року в рік.

УДК 541.135.27(048)

*Васильченко А.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Ляшок Л.В., канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"*

ПОИАНИЛИНОВЫЙ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЕНСОР (представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Предложен полианилиновый электрод в качестве чувствительного молекулярного сенсора, способного контролировать загрязнение воздушных потоков и сточных вод органическими мономерами с малыми ПДК

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации (ЧС) техногенного характера часто сопровождаются загрязнением окружающей среды опасными для здоровья и жизни веществами. Бы-

строе выявление типа этих веществ и степени загрязнения дают возможность ускорить принятие мер по локализации ЧС и ликвидации последствий. Чувствительными элементами, способными быстро реагировать на наличие загрязнений и отслеживать динамику изменения их концентрации, могут быть электродные сенсоры.

Анализ последних исследований и публикаций. В последнее время активно изучается возможность создания чувствительных сенсоров на основе электропроводящих органических полимеров с сопряженными связями (так называемых "органических металлов"), представителем которых является полианилин (ПАН). Ранее ПАН успешно изучался, в основном, как электродный материал для применения в аккумуляторах. Также он оказался востребованным для задач препаративного электросинтеза и вызвал интерес как цветовой сенсор изменения потенциала [1, 2].

Постановка задачи и ее решение. Полианилин, в котором катионными центрами являются окисленные фрагменты электропроводящей полимерной матрицы, обратим к допирующим анионам. Электроды на его основе имеют сенсорный отклик на изменение потенциала при постоянной концентрации раствора [1]. Настоящая работа посвящена решению обратной задачи: обнаружение сенсорного отклика на изменение концентрации некоторых мономеров в растворе при неизменяемом потенциале. Обнаружение такого свойства может быть очень полезным для экспресс-контроля при опасности загрязнения воздушной и водной среды веществами с малыми ПДК.

Измерительные электроды для экспериментов готовили по методикам [2], используя в качестве подложки платинированный графит. Электросинтез пленки ПАН производили комбинированным методом в течение 15 мин. из раствора $2 \cdot 10^{-1}$ М $C_6H_5NH_2$ + 1 М $LiClO_4$ в ацетонитриле. Процесс завершали при потенциале 1.8 В, при котором ПАН существует в высшей окисленной форме – пернигранилине. Для задания электрических параметров и их контроля применяли потенциостат ПИ-50-1 с программатором ПР-8 и потенциометром ЛКД4-003, вольтметр В 3-21 и рН-метр рН-262. Измерения проводились в двухкамерной термостатированной ячейке ЯСЭ-2 по трехэлектродной схеме с платиновым вспомогательным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения.

Зависимость потенциала измерительного электрода, не поляризуемого внешним током, от концентрации мономеров исследовалась в водном буферном растворе $5 \cdot 10^{-2}$ М K_2HPO_4/KH_2PO_4 при рН 6.8. Изучалось влияние мономеров анилина, бензола и толуола. На графике видно, что в области исследуемых концентраций зависимость потенциала полианилинового электрода от десятичного логарифма концентрации мономера в растворе аппроксимируется прямой линией. Исследуемый электрод показал чувствительность к малым концентрациям органических веществ: анилин ($5 \cdot 10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-1}$ М), толуолу ($1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-2}$ М), бензолу ($5 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ М). В интервале указанных концентраций наблюдается линейная зависимость потенциала от логарифма концентрации органической добавки с наклоном $-13 \dots -17$ мВ. После проведения измерений характеристики сенсора легко восстанавливаются после специальной обработки электрода.

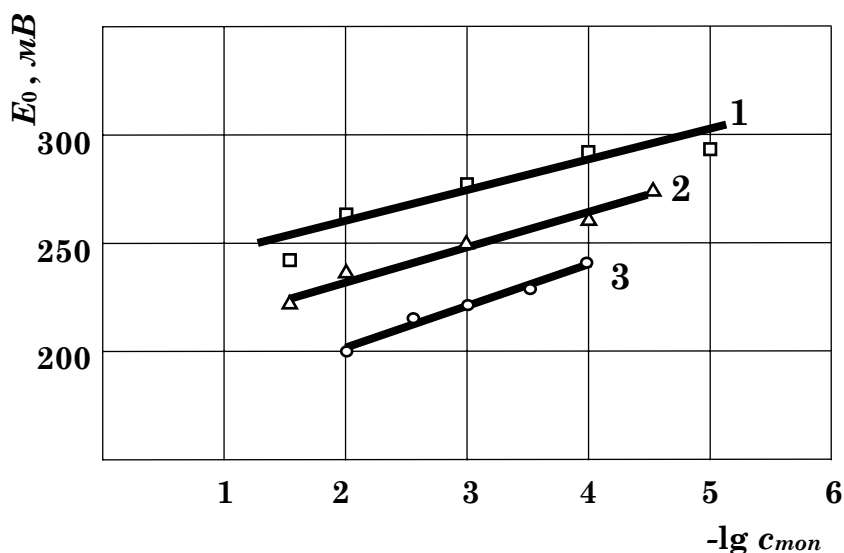
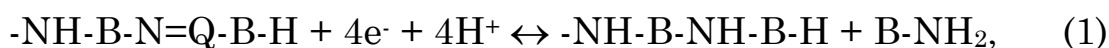


Рис. – Зависимость потенциала полианилинового электрода от концентрации мономеров в растворе $5 \cdot 10^{-2}$ М K_2HPO_4/KH_2PO_4 : 1 – анилин; 2 – бензол; 3 – толуол

Полученные результаты можно объяснить, если принять во внимание, что потенциал ПАН-электрода зависит от соотношения окисленных и восстановленных фрагментов полимерной цепи. При изменении рН среды их относительный вклад должен изменяться. Величина тока обмена этих процессов определяется общим числом электроактивных мест в полимерной матрице ПАН, которое зависит от условий синтеза. В измерительном электроде ПАН окислен до состояния пернигранилина, т.е. общее число электро-

активных мест в нем незначительно. Поэтому можно предположить, что процессы электропереноса в таком электроде существенно не влияют на значение потенциала E_0 .

Наблюдаемое на графике изменение характера зависимости E_0 от рН среды при введении мономеров анилина, бензола или толуола дает основание полагать, что при низкой кислотности раствора значение потенциала ПАН определяется обратимыми реакциями, в которых участвуют концевые фрагменты полимерных цепей (в форме пернигранилина) и молекулы соответствующих органических веществ. При этом сенсорный отклик для уравнения



где В – бензоидный фрагмент; Q – хиноидный фрагмент, описывается нернстовской зависимостью

$$E_0 = \text{const} - 2,3\text{RTF}^{-1} \text{pH} - 2,3\text{RT}(4\text{F})^{-1} \lg c_{\text{мон}}. \quad (2)$$

Полученные экспериментальные значения в первом приближении согласуются с этим уравнением. На величину const влияет соотношение окисленных и восстановленных фрагментов полимерной цепи и природа допирующей добавки.

Выводы. Обнаружен сенсорный отклик полианилинового электрода на изменение концентрации мономеров анилина, бензола, и толуола в растворе. Таким образом, полианилин может представлять интерес для разработки молекулярных сенсоров, чувствительных к органическим молекулам в растворе и способных экспрессно контролировать загрязнение воздушных потоков и сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погорелова Н.В., Слюсарь С.Н., Крайнов И.П. и др. Механизм электрохимического окисления полианилиновых пленок // Ж. общей химии.– 1989.– Т.59. – № 2.– С. 410-414.
2. Байрачный Б.И., Васильченко А.В., Ляшок Л.В. и др. Особенности синтеза пленок полианилина на графитизированном бутилкаучуке // Ж. прикл. химии.– 1999.– Т.72, № 5.– С. 842-845.