

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 543.1; 535.016

Д. Г. РАДОВ, В. П. МАСЛОВ, Г. В. ДОРОЖИНСЬКИЙ

ВИЯВЛЕННЯ ОТРУЙНИХ ДОМІШОК В ЕТАНОЛІ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ

Основною причиною смертності від алкоголю в Україні є присутність в ньому отруйних домішок таких як метанол. Існуючі методи контролю якості етанолу, як основної складової алкоголю, є коштовними та потребують спеціалізованого обладнання високої вартості, допоміжних реагентів та кваліфікованого персоналу. Альтернативним є метод на основі явища поверхневого плазмонного резонансу, котрий дозволяє визначати менші концентрації шкідливих домішок у етанолі (0,00202% об.) за регламентовані стандартом України (0,005% об.). Експериментально показано, що такі концентрації не детектуються методами кондуктометричним та ІЧ-спектроскопії. Результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення існуючих та створення нових методик контролю домішок в етанолі.

Ключові слова: етанол, метанол, отруйні органічні речовини, ІЧ-спектроскопія, поверхневий плазмонний резонанс.

Основной причиной смертности от алкоголя в Украине является присутствие в нем ядовитых примесей таких как метанол. Существующие методы контроля качества этанола, как основной составляющей алкоголя, являются дорогостоящими и требуют специализированного оборудования высокой стоимости, вспомогательных реагентов и квалифицированного персонала. Альтернативным является метод на основе явления поверхностного плазмонного резонанса, который позволяет определять концентрации вредных примесей в этаноле (0,00202% об.), которые меньше установленных стандартом Украины (0,005% об.). Экспериментально показано, что такие концентрации не детектируются методами кондуктометрическим и ИК-спектроскопии. Результаты исследований могут быть использованы для совершенствования существующих и создания новых методик контроля примесей в этаноле.

Ключевые слова: этанол, метанол, ядовитые органические вещества, ИК-спектроскопия, поверхностного плазмонного резонанс.

Every year by low quality alcohol poisoning in Ukraine 10 thousand citizens died, and in 2017 the projected number of deaths can grow significantly. The main cause poisoning and death are in the presence of alcoholic beverages contaminants, fusel oils, esters, toxic alcohols (eg, methanol, isopropanol, pentanol), aldehydes. To control the quality of ethanol mainly used chromatographic method, which is expensive, require specialized equipment of high value ancillary reagents and qualified personnel. An alternative method may be based on the phenomenon of surface plasmon resonance (SPR), which allows for rapid analysis (measurement of length less than 10 sec.) And can be less expensive for existing methods. Diagnosing devices that are based on the phenomenon of surface plasmon resonance, have high sensitivity to low concentrations (0.01-2 mg/kg) of liquid and gaseous substances and are characterized by high accuracy measurements. allows you to define a smaller concentration of contaminants in ethanol (0.00202% vol.) for the regulated standard of Ukraine (0.005% vol.). Shown experimentally that such concentration is not detected by conductometry and IR spectrometry. The research results can be used to improve existing and create new methods for monitoring toxic contaminants in ethanol.

Keywords: Ethanol, methanol, toxic organic substances, IR spectrometry, surface plasmon resonance.

Вступ. За даними Всесвітньої організації з охорони здоров'я (ВОЗ), щорічно від отруєння сурогатним алкоголем в Україні помирає 10 тисяч громадян, а в 2017 році за прогнозами кількість загиблих від фальсифікату може вирости в рази. Основною причиною отруєнь і смертності є присутність в алкогольних напоях окрім етанолу та дистильованої води, як основних складових, шкідливих домішок: сивушних масел, ефірів, метанолу, альдегідів, тощо. Наявність на алкогольному ринку України фальсифікату пов'язана у першу чергу з відсутністю доступних, високоточних, дешевих та експресних методів контролю якості горілчаних виробів, в тому числі і їх вихідної речовини – етилового спирту. Для контролю якості етилового спирту переважно застосовують хроматографічний метод, котрий є коштовним, потребує спеціалізованого обладнання високої вартості, допоміжних реагентів (водень) та кваліфікований персонал. Тому перспективним напрямом виявлення отруйних речовин в етанолі та його водних розчинах є розробка альтернативного методу контролю їх наявності, який дозволить проводити експрес аналіз і буде менш коштовним за існуючі методи, матиме високу точність вимірювання і високу чутливість до малих концентрацій шкідливих домішок.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. В Україні споживання алкоголю на одну людину віком понад 15 років протягом 2016 року ста-

новило 13,9 л чистого етанолу, що відповідає шостому місцю серед 188 країн світу, наприклад, в США – 9,2 л [1]. Така кількість споживання алкоголю перевищує верхню межу допустимої дози (11 л). Допустима доза споживання алкоголю за добу для дорослої людини, котра не страждає на хронічні захворювання, не повинна перевищувати 30 мл чистого етилового спирту [2]. Серед найпоширеніших причин смерті від нещасних випадків невиробничого характеру за даними Держстату України у 2014 році, випадкове отруєння алкоголем займало 4-те місце (8,4 %) поступаючись ушкодженням раптового і навмисного характеру (40 %) та транспортним нещасним випадкам (13,6 %) [3]. Смертельна доза алкоголю становить від 4 до 12 г чистого етилового спирту на 1 кг маси тіла [4]. Такий діапазон небезпечної дози викликаний неоднаковою здатністю у різних людей до переробки алкоголю та вихідним вмістом отруйних речовин в ньому.

Основним вітчизняним виробником етилового спирту є концерн «Укрспирт» [5], який виробляє чотири марки харчового етилового спирту (таб.1). Якість етилового спирту регламентується стандартом ДСТУ 4221:2003 [6], згідно до якого основними домішками у етанолі є альдегіди, сивушні масла, ефіри та метанол. При цьому масова частка метанолу є найбільшою серед домішок і складає приблизно 14 мкг/мл у перерахунку з об'ємної частки для чистого спирту. Загальна масова частка домішок складає 19,5 мкг/мл.

© Д. Г. Радов, В. П. Маслов, Г. В. Дорожинський. 2017

Таблиця 1 – Вимоги до етанолу згідно до ДСТУ 4221:2003

Марка спирту	Об'ємна частка, %		Гранична концентрація, мкг/мл		
	Етанол	Метанол	Альдегіди	Сивушні масла	Ефіри
Пшенична сльоза	96,3	0,005	2,00	2,00	1,50
Люкс	96,3	0,01	2,00	2,00	2,00
Екстра	96,3	0,02	2,00	3,00	3,00
Вищої очистки	96,0	0,03	4,00	4,00	5,00

Аналіз публікацій показав, що основним методом контролю наявності шкідливих домішок в етиловому спирті та його водних розчинах є: хроматографічний, спектральний та хімічні методи [7, 8]. Найбільш точним (0,0001 %об.) та уживаним є хроматографічний метод. Для калібрування газових хроматографів підприємством ГП «Укрметрестандарт» розроблено стандартні 40 %-і водні розчини етилового спирту з отруйними спиртами (в тому числі з метанолом 0,00202 %об.) та ефірами.

Основними недоліками існуючих методів визначення домішок у етиловому спирті є потреба у пробо підготовці, велика вага та висока вартість аналітичного обладнання, потреба у висококваліфікованому персоналі. Загальна витрата часу на контроль якості етанолу хроматографічним методом, згідно ДСТУ 4222, становить понад 10 хвилин робочого часу і потребує додатково об'ємні витрати повітря, водню та гелію, котрі є коштовними і при роботі з ними необхідно забезпечувати підвищені вимоги до охорони праці та пожежної безпеки. Альтернативою може бути метод на основі явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР), котрий дозволяє проводити експрес аналіз (тривалість виміру менше 10 сек.) та може бути менш коштовним за існуючі методи. Діагностуючі пристрої, що працюють на основі явища ППР, мають високу чутливість до малих концентрацій (0,01–2 мкг/кг) рідких і газоподібних речовин [9, 10] і характеризуються високою точністю вимірювань [11].

Ціль та задачі дослідження. Метою дослідження є визначення можливості виявлення отруйних спиртів та ефірів у 40 %-му розчині етанолу за допомогою методу ППР та порівняння ефективності цього методу з методом ІЧ-спектрометрії.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

1. Виконати визначення методом ППР зміни ПЗ 40 %-го водного розчину етанолу при наявності в ньому отруйних домішок спиртів та ефірів, а також 96 %-го етанолу з домішками метанолу.

2. Виміряти та порівняти спектри поглинання 40 %-го водного розчину етанолу при наявності в ньому отруйних домішок спиртів та ефірів.

3. Провести аналіз та узагальнення результатів експериментів.

Матеріали та методи виявлення отруйних спиртів та ефірів в етанолі методом поверхневого плазмонного резонансу. Досліджувані матеріали:

1. Спирт етиловий (етанол) 96±1 %;
2. Водний розчин етанолу 40±2 %об.
3. Спирт метиловий (метанол) 100 %;
4. Розчин 7-ми спиртів у 40 %-му етанолі з вмістом метанолу 6,4±0,07 мкг/мл (0,00202 %об.) та інших спир

тів 2±0,07 мкг/мл (зразок 3.4_UMTS_TIAP_03м3/2 ГП «Укрметрестандарт»);

5. Розчин ефірів у 40 %-му етанолі з вмістом ефірів 2,23±0,07 мкг/мл (зразок 3.4_UMTS_TIAP_04м3/2 ГП «Укрметрестандарт»);

Методичною основою виконання комплексних досліджень є:

1. Чисельний аналіз різниці ПЗ зразків чистого 40 %-го етанолу та з домішками спиртів та ефірів, а також 96 %-го етанолу з домішками метанолу. Значення різниці ПЗ (зсуву мінімуму ППР) вимірювали приладом «Аква-Поляритон» з діапазоном вимірювання від 0...0,012 (0... 1 кут. град.) з похибкою вимірювання $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (± 15 кут.сек.).

2. Дослідження спектрів поглинання зразків чистого 40 %-го етанолу та з домішками спиртів та ефірів. Спектри поглинання вимірювали на Фурє-спектрометрі Infracum FT-801 з діапазоном вимірювання 500... 5000 см^{-1} (відповідно 2... 20 мкм) з похибкою вимірювання $\pm 2 \text{ см}^{-1}$.

3. Аналіз зміни електричної провідності зразків чистого 96 %-го етанолу та з домішками метанолу. Провідність вимірювали на кондуктометрі ___ з діапазоном вимірювання від 0 до 9000 мкСм/см з похибкою вимірювання $\pm 2 \text{ мкСм/см}$.

Малогабаритний спеціалізований рефрактометр «Аква-Поляритон» заснований на явищі ППР. Явище ППР – це порушення повного внутрішнього відбиття (ПВВ) монохроматичного р-поляризованого світла на межі двох середовищ з різними ПЗ: скляної призми та досліджуваної речовини (аналіту) між якими розташована тонка (10...100 нм) металева плівка. Обертаючи призму, змінюють кут падіння світла на її робочу грань з металевою плівкою і одночасно вимірюють характеристику відбиття – залежність нормованої інтенсивності відбитого світла (коефіцієнта відбиття R) від кута його падіння (рис. 1).

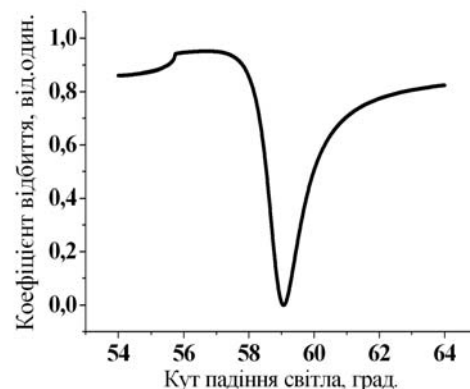


Рис. 1 – Залежність нормованої інтенсивності відбитого світла (коефіцієнта відбиття) від кута його падіння

Вимірний зсув кутового положення мінімуму характеристики відбиття визначає абсолютне значення та відносну зміну ПЗ аналіту.

Об'єктом дослідження є процес визначення домішок спиртів та ефірів у водному розчині етанолу методами поверхневого плазмонного резонансу, ПЧ-спектрометрії та кондуктометрії.

Предметом дослідження є кутовий зсув мінімуму характеристики відбиття за умови поверхневого плазмонного резонансу, зміна ПЧ-спектрів поглинання та провідності водного розчину етанолу при наявності в ньому домішок спиртів та ефірів.

Методика дослідження:

Так як прямим вимірюванням неможливо визначити концентрації відповідних домішок у етанолі методом ППР, оскільки відсутні компліментарні пари до цих речовин, котрі будуть селективно з ними взаємодіяти на поверхні металевого шару чутливого елементу ППР-рефрактометра. Тому для визначення наявності домішок використовували порівняльний метод, суть якого полягала у почерговому вимірюванні кутового зсуву мінімуму характеристики відбиття для 40%об. розчину етанолу у дистильованій воді (порівняльний зразок) і 40%об. розчину етанолу у дистильованій з домішками, а потім визначали різницю між результатами вимірювання. Вимірювання виконували ППР-рефрактометром в режимі Multiple. Через вимірювальну кювету рефрактометра прокачували перистальтичним насосом спочатку 40 % об. розчин етанолу, 40 %об. розчин етанолу зі 7-ми спиртами (зразок 1), а потім знов порівняльний зразок. Процедуру повторювали для 40%об. розчину етанолу з 5-ма ефірами (зразок 2). Для зменшення похибки вимірювання ПЗ викликані зміною тиску у вимірювальній кюветі прокачували аналіти зі швидкістю 20 мкл/хв., а для мінімізації температурної похибки рефрактометр і ємності зі зразками розміщували в термобоксі при температурі робочої камери $+20 \pm 1$ °С.

Для визначення спектрів поглинання водних розчинів етанолу з домішками було досліджено чотири зразки: 96 %-етанол, 40 %-етанол та 40 %-етанол з домішками спиртів та ефірів. Для зменшення поглинання зразком та кюветою ПЧ-випромінювання досліджувані зразки розміщували у кюветах з довжиною оптичного шляху 52 ± 5 мкм з матеріалу КРС.

Додатково було проведено дослідження можливості визначення вмісту метанолу в 96 %-му етиловому спирті кондуктометричним методом [12]. Для цього було приготовлено 4 зразки з різною концентрацією метанолу: 0 %об., $0,04 \pm 0,01$ %об., $0,29 \pm 0,01$ %об., $1,00 \pm 0,01$ %об., $5,00 \pm 0,01$ %об. Для порівняння зразки вимірювали методом ППР відповідно до вище наведеної методики замінюючи етанол досліджуваними зразками. Кондуктометричним методом вимірювали додатково, для порівняння, дистильовану воду.

Результати виявлення отруйних спиртів та ефірів в етанолі методом поверхневого плазмонного резонансу. В результаті проведених досліджень було встановлено, що спектральний та кондуктометричний методи не є ефективними для визначення наявності отруйних спиртів та ефірів у етанолі та його водному розчині, оскільки не можуть виявити їх (рис. 2, 5).

Спектри поглинання чистого етанолу (рис. 2, графік 1) та етанолу з домішками спиртів (рис. 2, графік 2) та ефірів (рис. 2, графік 3) є практично ідентичними з відсутніми смугами поглинання в діапазоні довжин хвиль 1750... 2250 нм характерними, наприклад, для метанолу у порівнянні з спектром поглинання етанолу (рис. 3).

На рис. 4 представлено виміряні кінетичні залежності кутового зсуву мінімуму характеристики відбиття при ППР для 40 %об. розчину етанолу зі 7-ми спиртами (1) та 40 %об. розчину етанолу з 5-ма ефірами (2). В табл. 1 наведено виміряні значення кутового зсуву мінімуму характеристики відбиття при ППР для відповідних розчинів.

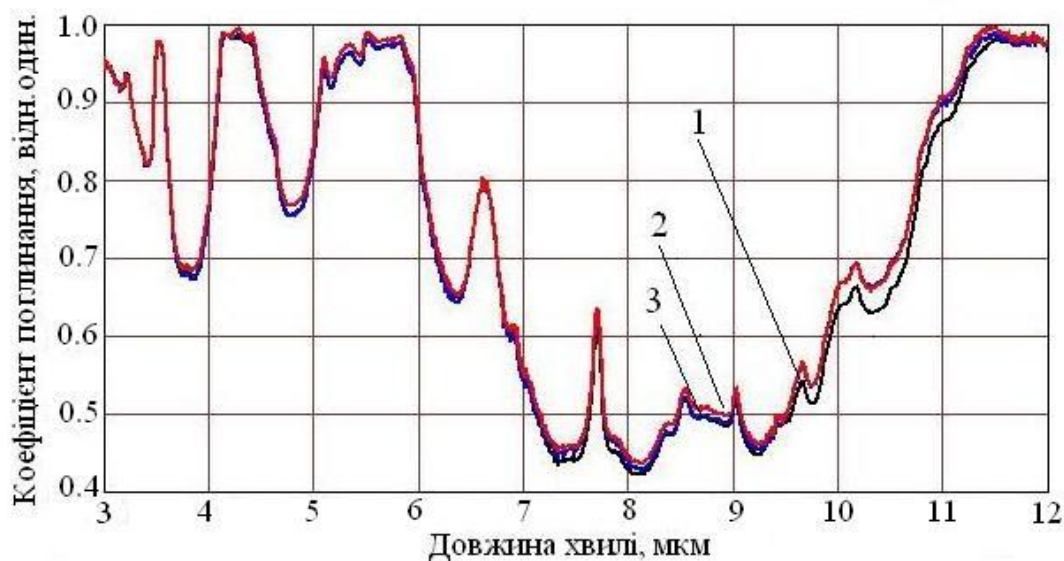


Рис. 2 – Виміряні спектри поглинання для 96 %-го водного розчину етанолу (1), 40 %-го водного розчину етанолу зі 7-ми спиртами (2) та з 5-ма ефірами (3) без смуг поглинання води

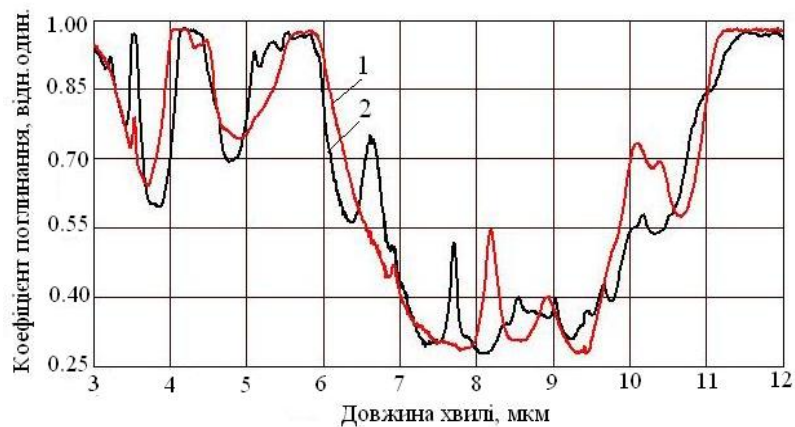


Рис. 3 – Виміряні спектри поглинання в ІЧ-діапазоні довжин хвиль для 100 % метанолу (1) та 96 % етанолу (2)

Таблиця 2 – Виміряні показники ППР для зразків розчину етанолу

№ п.п	Домішки у 40%об. етанолі	Концентрація домішок, мкг/см^3	Відносний зсув мінімуму ППР, кут. секунди (зміна ПЗ, $\cdot 10^{-5}$)
1	7 спиртів	$8,4 \pm 0,07$	360 ± 15 (120 ± 5)
2	5 ефірів	$2,23 \pm 0,07$	234 ± 15 (78 ± 5)

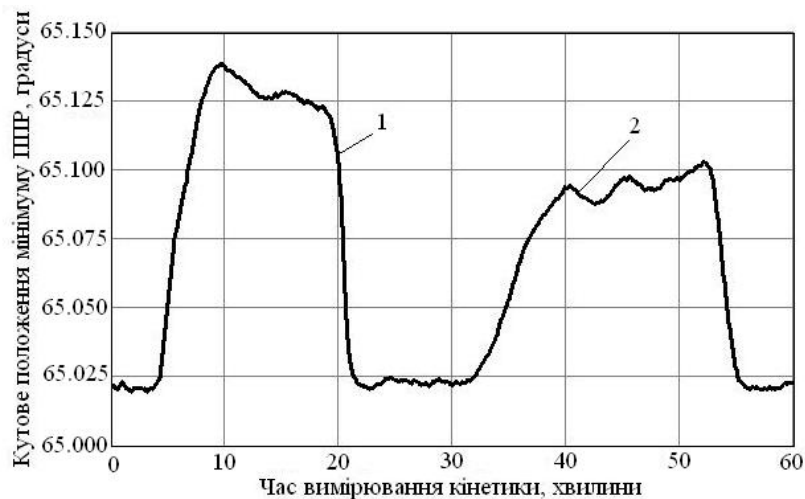


Рис. 4 – Виміряні кінетичні залежності кутового зсуву мінімуму характеристики відбиття при ППР для 40%об. розчину етанолу зі 7-ми спиртами (1) та 40%об. розчину етанолу з 5-ма ефірами (2)

З табл. 4 видно, що відносні зсуви мінімуму ППР при заміщенні розчину етанолу у дистильованій воді на розчин етанолу з 7-ми спиртами та розчин етанолу з 5-ма ефірами на порядок більші за похибку вимірювання ППР-рефрактометра «Аква-Поляритон» (15 кутових секунд).

Результати дослідження етанолу-96% з домішками метанолу показали, що кондуктометричним методом неможливо визначити органічні домішки ні в етанолі, ні у воді. Для всіх зразків виміряне значення кондуктометром становило 3 ± 2 мкСм/см. При цьому значення виміряної зміни показника заломлення приладом «Аква-Поляритон» мало залежність близьку до лінійної (рис. 5).

Виміряна залежність добре апроксимується лінійною функцією $Y(X) = k \cdot X + B$ для $k = 19,88 \pm 5,02$, $B = 33,19 \pm 1,96$ з параметром узгодження $R^2 = 0,997$.

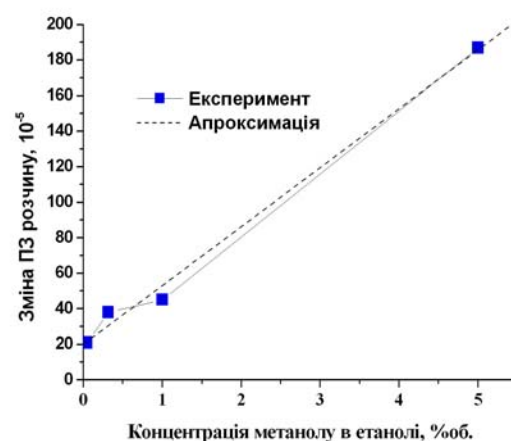


Рис. 5 – Експериментальна залежність зміни ПЗ розчину метанолу в етанолі 96%об

Обговорення результатів дослідження процесу додаткового очищення питної води методом поверхневого плазмонного резонансу. Враховуючи значне поглинання води у діапазоні вимірювання довжин хвиль була застосована процедура компенсації, яка полягала у вилученні спектру поглинання води зі спектру поглинання водного розчину етанолу. Така процедура дозволила за результатами вимірювання отримати більш інформативні спектри поглинання та зменшити апаратну похибку викликану інтенсивним поглинанням води. Незначна різниця у профілях спектрів (максимальне відхилення $\pm 0,02$ відн.один.) поглинання викликана похибкою геометричних розмірів вимірювальної кювети, а також не паралельністю її стінок.

За величиною абсолютного значення вимірюваного відгуку ППР-сенсора можна зробити висновок, що методом ППР можливо визначити і концентрації домішок у 40 %об. розчині етанолу менші, ніж визначені стандартами. Різниця у профілях кінетик досліджуваних зразків викликана різною в'язкістю та гідрофобністю вихідних речовин.

Кондуктометричним методом органічні домішки не можуть бути виявлені у етанолі, його водних розчинах та воді, оскільки вони не дисоціюють і не утворюють іонів провідності.

Висновки

1. Наявність на алкогольному ринку України неякісного алкоголю пов'язана з відсутністю доступних, високоточних, дешевих та експресних методів контролю якості горілчаних виробів, в тому числі і їх вихідної речовини – етилового спирту. Для контролю якості етилового спирту переважно застосовують хроматографічний метод, котрий потребує спеціалізованого обладнання високої вартості та кваліфікований персонал. Тому перспективним напрямом виявлення отруйних речовин в етанолі та його водних розчинах є розробка альтернативного методу контролю на основі явища поверхневого плазмонного резонансу.

2. Експериментально показана можливість визначення методом поверхневого плазмонного резонансу домішок у 40%об. розчині етанолу з концентраціями меншими (8,4 мкг/мл.) за визначені стандартами якості України (19,5 мкг/мл.). Дослідження проведено з використанням спеціалізованого обладнання «Аква-Поляритон» та методики виконання експерименту.

3. Виявлено переваги методу поверхневого плазмонного резонансу у порівнянні з існуючим методом ІЧ-спектрометрії. Експериментально показано неможливість визначення спектрометричним методом домішок у 40%об. розчині етанолу з концентраціями меншими 19,5 мкг/мл.

4. Експериментально показано, що кондуктометричний метод не може бути застосований для визначення органічних домішок у етанолі, його водних розчинах та воді, оскільки для всіх зразків виміряне значення кондуктометром становить одне й те саме значення 3 ± 2 мкСм/см.

Список літератури:

1. Дорогой, А. П. Алкогольна кардіоміопатія і алкогольна хвороба печінки: проблеми та наслідки вживання алкоголю [Текст] / А. П. Дорогой // Український кардіологічний журнал. – 2016. – № 1. – С. 22–31.
2. Poikolainen, K. Nature of questionnaire options affects estimates of alcohol intake [Text] / K. Poikolainen, P. Kärkkäinen // Journal of Studies on Alcohol. – 1985. – № 46 (3). – P. 219–222. doi: [10.15288/jsa.1985.46.219](https://doi.org/10.15288/jsa.1985.46.219)
3. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України 2014 рік [Текст] / ред. О. Квіташвілі. – К., 2015. – 460 с. Режим доступу: <http://www.uiph.kiev.ua/download/Vidavnicтво/Shchorichna%20dopovid/%D0%A9%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C.2015.pdf>
4. Bellentani, S. Drinking habits as cofactors of risk for alcohol induced liver damage [Text] / S. Bellentani, G. Saccocio, G. Costa et al. // Gut. – 1997. – Vol. 41. № 6. – P. 845–850. doi: [10.1136/gut.41.6.845](https://doi.org/10.1136/gut.41.6.845)
5. Спирт етиловий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrspirt.com/cms/production/etilovii.html>
6. ДСТУ 4221:2003. Спирт етиловий ректифікований [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dnaop.com/html/33940/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_4221_2003
7. ДСТУ 4222:2003. Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67811
8. ДСТУ 4181:2003. Спирт етиловий ректифікований і спирт етиловий — сирець. Правила приймання і методи випробування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67798
9. Shalabney, A. Sensitivity-enhancement methods for surface plasmon sensors [Text] / A. Shalabney, I. Abdulhalim // Laser Photonics Rev. – 2011. – Vol. 5, No. 4. – P. 571–606. doi: [10.1002/lpor.201000009](https://doi.org/10.1002/lpor.201000009)
10. Дорожинський, Г. В. Обнаружение паров метанола методом поверхностного плазмонного резонанса [Текст] / Г. В. Дорожинський, М. В. Лобанов, В. П. Маслов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 4/5 (76). – С. 4–7. doi: [10.15587/1729-4061.2015.47079](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47079)
11. Дорожинський, Г. В. Сенсорні прилади на основі поверхневого плазмонного резонансу [Текст] / Г. В. Дорожинський, В. П. Маслов, Ю. В. Ушенін. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 264 с.
12. Dorozinska H. Scientific, technical and economic aspects of water treatment in conditions of transformation of socio-economic systems [Text]: Monograph / H. Dorozinska, V. Maslov // Social and economic changes of contemporary society. – 2017. – № 2.3. – P. 84–92.

Bibliography (transliterated):

1. Dorohoj A. P. (2016). Alkoholna kardiomiopatiya i alkoholna khvoroba pechinky: problemy ta naslidky vzhivannya alkoholyu. Ukrayinskyj kardiologichnyj zhurnal, 1, 22–31.
2. Poikolainen, K., Kärkkäinen, P. (1985). Nature of questionnaire options affects estimates of alcohol intake. Journal of Studies on Alcohol, 46 (3), 219–222. doi: [10.15288/jsa.1985.46.219](https://doi.org/10.15288/jsa.1985.46.219)
3. Kvitashvili, O. (Ed.) (2015). Shhorichna dopovid pro stan zdorovyia naseleennyia, sanitarno-epidemichnu situaciyu ta rezultaty diyalnosti systemy okhorony zdorovyia Ukrainy 2014 rik. Kyiv, 460.
4. Bellentani S., Saccocio G., Costa G. et al. (1997). Drinking habits as cofactors of risk for alcohol induced liver damage. Gut 41, 6, 845–850. doi: [10.1136/gut.41.6.845](https://doi.org/10.1136/gut.41.6.845)
5. Ethanol alcohol. Available at: <http://www.ukrspirt.com/cms/production/etilovii.html>
6. DSTU 4221:2003. Spirt etylovij rektyfikovanyj. Texnichni umovy. Available at: http://dnaop.com/html/33940/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_4221_2003
7. DSTU 4222:2003. Horilky, spirt etylovij ta vodno-spirtovi rozchyny. Hazokhromatografichnyj metod vyznachannya vmistu mikrokomponentiv. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67811
8. DSTU 4181:2003. Spirt etylovij rektyfikovanyj i spirt etylovij

- syrec". Pravyla pryjmannya i metody vyprovovuvannya. Available at: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=67798
9. Shalabney, A., Abdulhalim, I. (2011). Sensitivity-enhancement methods for surface plasmon sensors. *Laser & Photonics Reviews*, 5 (4), 571–606. doi: [10.1002/lpor.201000009](https://doi.org/10.1002/lpor.201000009)
 10. Dorozhinskij, G. V., Lobanov, M. V., Maslov, V. P. (2015). Detection of methanol vapor by surface plasmon resonance method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(5(76)), 4–7. doi: [10.15587/1729-4061.2015.47079](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47079)
 11. Dorozhynskiy, H. V., Maslov, V. P., Ushenin, Iu. V. (2016). Sensorni pryklady na osnovi poverkhnevoho plazmonnoho rezonansu. Kyiv: NTUU «KPI», 264.
 12. Dorozinska H., Maslov V. (2017). Scientific, technical and economic aspects of water treatment in conditions of transformation of socio-economic systems. *Social and economic changes of contemporary society*, 2.3, 84–92.

Надійшла (received) 18.01.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Виявлення отруйних домішок в етанолі методом поверхневого плазмонного резонансу/ Д. Г. Радов, В. П. Маслов, Г. В. Дорожинский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 117–122.– Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Выявление ядовитых примесей в этаноле методом поверхностного плазмонного резонанса/ Д. Г. Радов, В. П. Маслов, Г. В. Дорожинский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 117–122.– Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Detection toxic impurities in ethanol by surface plasmon resonance method/ D. Radov, V. Maslov, G. Dorozinsky //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 16 (1238).– P.117–122. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Радов Денис Георгійович – працівник ДК «Укроборонпром»; вул. Дегтярівська, 36, м. Київ, Україна, 04119; e-mail: Denis.Radov@ukroboronprom.com.

Радов Денис Георгиевич – работник ГК «Укроборонпром»; ул. Дегтярёвская, 36, г. Киев, Украина, 04119; e-mail: Denis.Radov@ukroboronprom.com.

Radov Denys – engineer SC “Ukroboronprom”; 36 Dehtiarivska str., Kyiv, Ukraine, 04119; e-mail: Denis.Radov@ukroboronprom.com.

Маслов Володимир Петрович – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу фізико-технологічних основ сенсорного матеріалознавства, Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарєва НАН України; пр. Науки, 41, м. Київ, Україна, 03028; e-mail: vpmaslov@ukr.net.

Маслов Владимир Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий отделом физико-технологических основ сенсорного материаловедения, Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарёва НАН; пр. Науки, 41, г. Киев, Украина, 03028; e-mail: vpmaslov@ukr.net.

Maslov Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, head of department of physical and technological bases of sensory materials, V. Ye. Lashkaryov Institute of semiconductor physics NAS of Ukraine; 41 pr. Nauky, Kyiv, Ukraine, 03028; e-mail: vpmaslov@ukr.net.

Дорожинський Гліб Вячеславович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу фізико-технологічних основ сенсорного матеріалознавства, Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарєва НАН України; пр. Науки, 41, м. Київ, Україна, 03028; e-mail: gvdorozinsky@ukr.net.

Дорожинский Глеб Вячеславович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела физико-технологических основ сенсорного материаловедения, Институт физики полупроводников имени В. Е. Лашкарёва НАН; пр. Науки, 41, г. Киев, Украина, 03028; тел.: 098-281-90-10; e-mail: gvdorozinsky@ukr.net.

Dorozinsky Glib – PhD, senior researcher of department of physical and technological bases of sensory materials, V. Ye. Lashkaryov Institute of semiconductor physics NAS of Ukraine; 41 pr. Nauky, Kyiv, Ukraine, 03028; e-mail: gvdorozinsky@ukr.net.