

УДК 57.087.1:611.018.54

Ковальчук В.В., Рябченко С.В., Долінська Л.В., Сморг М.В.

## НЕРУЙНІВНИЙ ЕКСПРЕС-АНАЛІЗ РІДИНИ У БІОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАННЯХ

*Стаття присвячена питанням апробації методу аналізу структури багатокомпонентної речовини шляхом вдосконалення експериментальної методики, розробленої на основі методу кварцового зважування. Представлено результати проведеної ідентифікації структури рідини – сироватки крові людини; з'ясовано її топологію; зроблено аналіз досліджень структури речовини на основі інших незалежних методик. Встановлено, що запропонована методика і результати проведених досліджень можуть бути використані для проведення біометричного аналізу крові людини.*

**Ключові слова:** аналіз, структура, кварцове зважування, багатокомпонентна речовина, сироватка крові.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сучасному етапі визначення складу та морфології біологічних рідин людини пропонуються різні прийоми, методи і технології, зокрема метод кварцового зважування [1-4]. Описаний у цій роботі підхід добре зарекомендував себе у вивченні оптичних властивостей [5], морфології [6] та метрології [7] кластеризованого плівкового гетеропереходу.

У цьому контексті **мета** роботи полягає у вдосконаленні методики, яка дозволяє провести експрес аналіз структури багатокомпонентної рідини. Мета реалізувалася шляхом розв'язування взаємопов'язаних **задач**: вдосконалити запропоновану раніше (одним з авторів – ВВК) експериментальну методику на основі методу кварцового зважування, провести ідентифікацію структури рідини, з'ясувати її топологію. Були визначені предмет та об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес вивчення властивостей багатокомпонентної речовини шляхом кварцового зважування, предмет дослідження – багатокомпонентна речовина.

### Результати дослідження

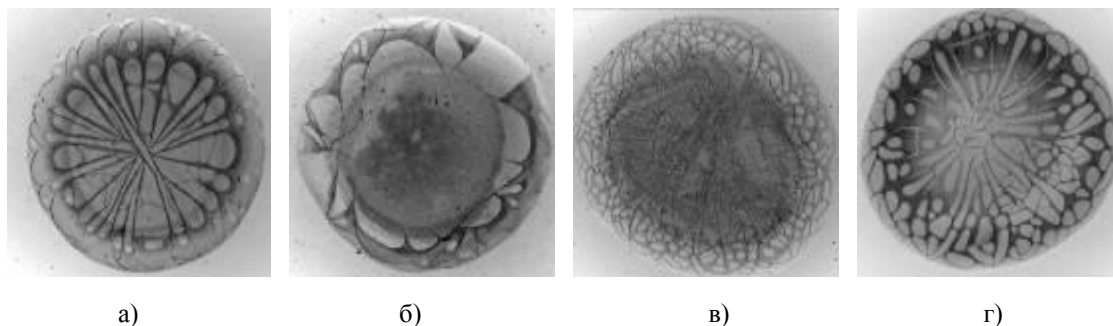
**Структурна еволюція багатокомпонентної речовини.** Технологія виготовлення тонких плівок, як складових багатокомпонентних систем для матеріалів побутової техніки та приладів сучасної електроніки [8, 9], представляє собою комплекс складних технологічних процесів, один з етапів якого зводиться до виміру товщини, який, у свою чергу, представляє серйозну сучасну проблему, основні концепції якої описані у монографії [7]. З нашої точки зору, проаналізувавши структурну еволюцію гетеро атомної кластеризованої плівкової речовини з позицій теоретичного та експериментального підходів [7-9], описаний далі підхід, дозволяє розкрити нові горизонти у практичній площині, зокрема у біометричних вимірюваннях.

Автори цієї роботи провели якісний та кількісний аналіз експериментальних даних, що стосуються кінетики та механізмів структуроутворення багатокомпонентної речовини у рідкому стані. Без сумніву, структурна кінетика рідини є складним багатоетапним процесом. Останній можна поділити на дві стадії: події, що відбуваються під час випаровування вільної води, і, власне, структуроутворення, що пов'язане з випарюванням води. Так, кров людини, що висихає на твердій змочуваній підкладці, за кімнатних зовнішніх умов, набуває специфічного зовнішнього вигляду, що ілюструють рис. 1 та рис. 2 [1, 2]. Причиною цього є комплекс складних фізико-хімічних і механічних процесів, які визначаються, як дегідратаційна самоорганізація [2, 3].

Кінетичні характеристики рідини, яка висихає на підкладці, відображає морфологічний стан того об'єкта, до складу якого вона належить. Наприклад, якщо проаналізувати біологічну рідину людського організму, то інтерпретація отриманих результатів дозволяє використовувати з'ясований феномен як додатковий критерій у біометричному аналізі [3, 4, 6].

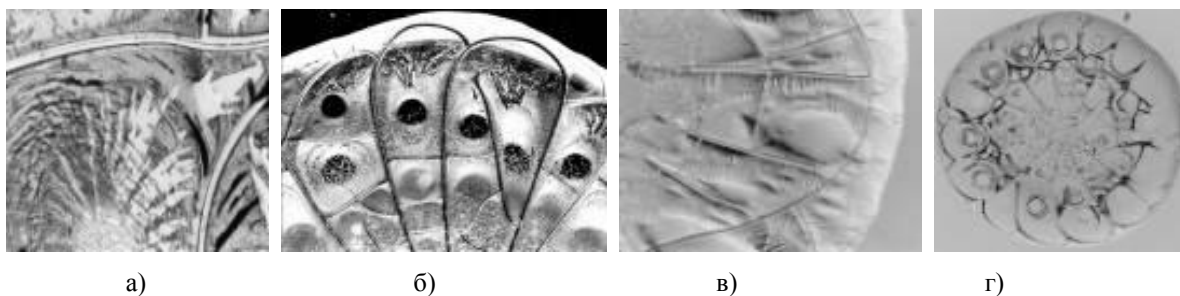
Незважаючи на розвиток методів структурного аналізу речовини, неруйнівний напрям в Україні останніми роками, доки ще знаходиться на стадії формування. Тому проведення фізично коректного пояснення структуроутворення багатокомпонентної речовини складає предмет досліджень не лише в медицині та біології, але й в сучасній електроніці, мезомеханіці тощо [10,11]. За результатами дослідження етапів нелінійних процесів, що відбуваються у таких системах із залученням методів матеріалознавства, важливо виділити і розглянути механізми, що є визначальними і мають особливості

нелінійних процесів на кожному з етапів просторово-часового структуроутворення у багатокомпонентній системі, наприклад, рідині.



**Рис. 1. Висушені краплі сироватки крові; збільшення у 28 раз:**

а) практично здорова людина; б), в), г) люди з різним видами захворювань [1]



**Рис. 2. Висушені краплі сироватки крові пацієнтів з різними захворюваннями.**

Різні структури [2]:

- а) язики; б) осередки і ядра;  
в) бляшки і зморшки; г) спіральні тріщини

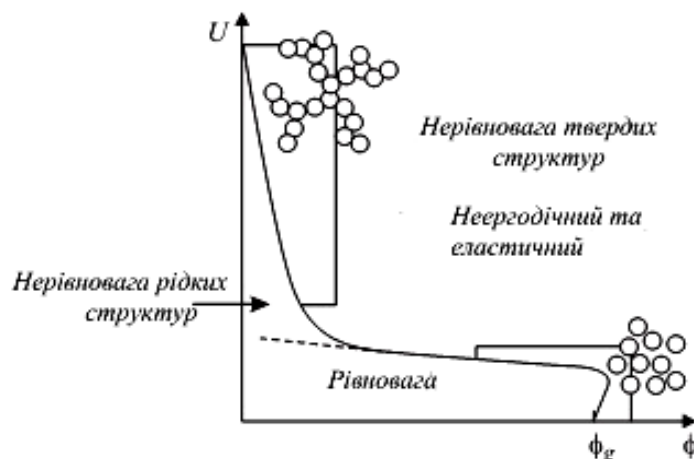
Так, аналіз праць [1-6] дозволяє зазначити наступне. Багатоетапний процес висихання краплі сироватки крові на жорсткій підкладці відбувається в дві стадії:

- 1) випаровування вільної води, що триває 20-35 хвилин (для крапель об'ємом 3-5 мл);
- 2) подальший процес випаровування води, який триває дві-три доби;
- 3) випаровування води супроводжується збільшенням деформацій і утворенням додаткових тріщин, що формують остаточний морфологічний вигляд тієї плівки, що висихає, придатний для мікроскопічних досліджень.

Серед механізмів, що є відповідальними за формування морфологічних особливостей крапель як на першій (рідкій), так і на другій (твердій) стадіях висихання можна виділити такі, що відповідають за:

- а) взаємодію краплі з підкладкою;
- б) розподіл компонентів у краплі, що мають різну поверхневу активність; в) фазові переходи у краплі. На початку висихання краплі рідини на твердій підкладці відбувається винесення колоїдної фази (КФ) на периферію. Співвідношення компонентів в рідкій (внутрішній) частині краплі міняється. В результаті випару води зростає іонна сила розчину, а об'ємна доля КФ знижується за рахунок винесення на периферію. Сила тяжіння між частинками зростає за рахунок зменшення радіусу Дебая і підвищення щільності поверхневих зарядів. Радіус взаємодії частинок зменшується. КФ поступово втрачає оболонки гідратів, заряд молекул наближається до ізоелектричної точки, і розчин переходить у метастабільний стан. Далі проходить коагуляція (ілюструє рис. 2). Колоїдні частинки можуть утворювати різні структури – від колоїдного скла, при дуже високій об'ємній складовій колоїду і слабкій силі взаємодії між частинками – до колоїдних гелів, при дуже малій об'ємній складовій колоїду і великою силою тяжіння між частинками.

Перш ніж утворюється гель, колоїдні частинки формують фрактальні кластери, що згодом об'єднуються в просторові ґрати – гель. Будь-яке відхилення від фрактального зростання нанокластерів (детальний аналіз таких систем проведений одним з авторів, див. моногр. [7]) призводить до порушення гелеутворення. Враховуючи існуючий взаємозв'язок між концентрацією солі і значенням рН в розчинах білків, слід очікувати, що зрушення ізоелектричної точки альбуміну при його навантаженні спричиняє зміну кінетики коагуляції, що ілюструє рис. 3.



**Рис. 3.** Діаграма стану колоїдних часток з ближнім потенціалом взаємодії.

$U$  – сила взаємодії між частками,  $\Phi$  – об'єм колоїдної фази.

Суцільна лінія означає межу існування неупорядкованих твердофазних структур, пунктир – межу між рівноважними і нерівноважними станами.

Виділена ділянка зверху-ліворуч (при малій об'ємній фазі і сильним потенціалом взаємодії між частками) означає область формування гелю. Виділену ділянку внизу-праворуч (при великому об'ємі колоїдної фази і слабким потенціалом взаємодії) означає область скловання

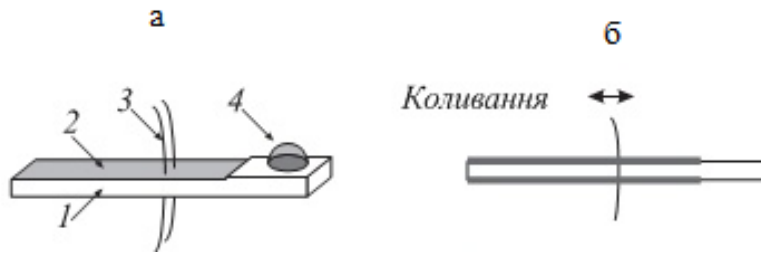
Методика аналізу кінетичної самоорганізації рідини. Процес самоорганізації висихаючої рідини, технічна можливість реєстрації динаміки цього процесу, що можуть бути зведені воедино, дозволили нам запропонувати технологію, яка відкриває нові перспективи для дослідження рідких середовищ, а також для розвитку низки практичних застосувань на її основі.

Далі розглянемо способи аналізу багатокомпонентних рідин на основі сенсорного пристрою. Головна особливість цього методу полягає в отриманні електронних підписів рідин, придатних для їх ідентифікації, сертифікації та паспортизації. Інформативну основу методу складає динаміка складних процесів самоорганізації висихаючих крапель, яка є надзвичайно важливою характеристикою складу і структури рідини. Реєстрація цієї динаміки у вигляді акусто-механічного імпедансу (далі – АМІ) дозволяє отримати кількісні відмінності між порівнюваними рідинами. Це може бути використано для контролю їх якості шляхом порівняння з еталоном.

Для проведення аналізу самоорганізації крапель рідини, був запропонований резонатор у вигляді кварцової пластини  $xuS/1^{\circ}30'$  зрізу розміром 48,0-4,5-1,2 (мм). Пристрій і мода коливань резонатора представлені на рис. 4. Резонатор здійснює повздовжні коливання типу стисання-розширення.

У процесі вимірювання робочої частоти коливань кварцової пластини примусово підтримується постійною і рівною резонансній частоті ненавантаженого резонатора – 60 кГц. Амплітуда коливань ненавантаженого резонатора синусоїдально розподілена по довжині пластини. Крапля досліджуваної рідини поміщається поблизу кінця пластини. Оцінки показали, що розподіл амплітуди коливань по довжині пластини практично не змінюється при взаємодії поверхні резонатора з об'єктом (краплею). Іншими словами, висихаючи крапля не вносить похибок до розподілу коливальної швидкості по довжині резонатора. Вимірюваною величиною є комплексна електрична провідність резонатора, навантаженого краплею, при цьому власна ємність резонатора і ємність сполучного кабелю віднімаються мостовою схемою пристрою. Величину АМІ краплі обчислюють з вимірюваної величини електричної провідності і

виводять на екран в режимі реального часу. На етапі еволюції краплі величина модуля АМІ вимірюється, відображається і записується.



**Рис. 4. Пристрій коливання кварцового резонатора:**

- а – резонатор з краплею досліджуваної рідини,
- 1 – кварцова пластина, 2 – металевий шар,
- 3 – підтримувальні провідники,
- 4 – крапля досліджуваної рідини,
- б – розподіл амплітуди повздовжніх коливань.

АМІ є величиною акустичного або механічного імпедансу об'єкту, що навантажує кварц в режимі збуджуючих коливань. В даному випадку досліджується такий специфічний об'єкт, як крапля рідини, що висихає на поверхні кварцу (підкладці). Тому можна вважати, що АМІ (далі позначимо цю величину літерою  $A$ ) інтегрально включає такі фізичні характеристики об'єкту, як в'язкість, еластичність, тертя і масу з різною мірою адгезії до підкладки:

$$A = C_1(1+i)S + 2\pi f\eta\rho + C_2 \cdot 2\pi fm + C_3 \cdot \frac{k}{i \cdot 2\pi f} + C_4 k_T \quad (1)$$

де  $i$  – уявна одиниця;  $S$  – площа контакту рідини з кварцом;  $f$  – частота коливань кварцу;  $\eta, \rho$  – в'язкість та густина рідини на початковому етапі, відповідно;  $m, k$  – маса та еластичність рідини, відповідно;  $k_m$  – коефіцієнт тертя рідини о поверхню підкладки.

Перший доданок в рівнянні (1) описує величину акустичного імпедансу в'язкої рідини, дотичної до підкладки на площі  $S$ . Другий – значення механічного імпедансу масою  $m$ , що коливається разом з підкладкою. Третій – величину акустичного або механічного імпедансу навантаження у вигляді пружного (еластичного) елемента, четвертий – значення акустичного або механічного імпедансу дисипативних втрат (тертя).

Кожен доданок має свій ваговий коефіцієнт:  $C_i$ . Ці коефіцієнти на початковому етапі мають різні значення щодо різних рідин. У процесі висихання вони змінюються по-різному, залежно від властивостей рідини, її складу та структури. Саме це характеризує конкретику фізико-хімічних характеристик рідини, що і сприяє динаміці АМІ.

На початку процесу, доки відсоток води у рідині є високим, АМІ є пропорційним до характеристичного опору в'язкої хвилі, що дозволяє записати рівняння:

$$A_0 = C_1(1+i)S + 2 \cdot \pi f\eta\rho \quad (2)$$

де  $A_0$  – значення АМІ на початку процесу висихання рідини.

Для досліджуваних рідин були вибрані значення  $\eta \sim 10^{-2}$  Па і  $\rho \sim 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. За цих умов висота рідини на підкладці не впливала на величину АМІ, оскільки при вибраній частоті глибина проникнення в'язкої хвилі мала порядок  $10$  мкм. Тому на початку процесу висихання можна вважати, що у формулі (1) коефіцієнт  $C_1 = 1$ , а інші вагові коефіцієнти дорівнюють нулю:  $C_2 = C_3 = C_4 = 0$ .

Наприкінці процесу висихання рідини на поверхні резонатора залишається твердотільний залишок. Резонатор при цьому навантажується імпедансом масою залишку –  $m_{end}$ . Що аналітично можна описати співвідношенням:

$$A_{end} = H_2 f \cdot 2\pi f m_{end} \quad (3)$$

де  $A_{end}$  – значення АМІ наприкінці процесу висихання;  $m_{end}$  – маса сухого залишку. Отже закінчення процесу висихання дозволяє вважати, що ваговий коефіцієнт  $C_2=1$ , а інші вагові коефіцієнти дорівнюють нулю:  $C_1=C_3=C_4=0$ .

Відповідність АМІ виразам (2) і (3) на початку та наприкінці процесу висихання рідини було експериментально проведено завдяки вимірюванням дійсної та уявної частин електричної провідності резонатора (або ж за результатами вимірювань дійсної і уявної частин АМІ).

Результати вимірювань довели, що початкове і кінцеве значення АМІ, як правило, можна описувати виразами (2) і (3). Проте такі прості ситуації, як "рідкий зразок на початку" і "твердий залишок наприкінці", мають місце не завжди. Наприклад, на початку висихання деякі рідини мають АМІ з нерівними значеннями дійсної та уявної частинами (на відміну від ситуації, що описує формула (2)). Або ж наприкінці висихання рідини мають АМІ з ненульовою дійсною частиною (на відміну від аналітичного співвідношення (3)). Тому, ми вважаємо, що вирішальним чинником при використанні виміру АМІ в режимі коливальності являється надзвичайна чутливість його величини до виникнення і зростання нової фази на межі рідина-кварц, а також до акустичних і механічних властивостей (наприклад, еластичності) структур (відкладень), що утворюються.

**Структурний аналіз рідини на сенсорі.** Кінетика рідини, що висихає на твердій змочуваній підкладці, є природною моделлю само організованої системи, з нескінченно великою різноманітністю варіантів течії процесів, залежно від складу і структури рідини. Процес висихання визначається початковими параметрами розчину: поверхневим натягом, змочуванням, в'язкістю, внутрішньою структурою, дисперсністю, теплопровідністю, іонною силою, рН. Ці чинники впливають на такі процеси, як агрегація, преципітація, седиментація, гелеутворення і кристалізація, що супроводжують і процес висихання багатокомпонентної рідини. В результаті змінюються фізичні властивості рідини, кінетика яких отримує відображення у вигляді кривої в системі координат (АМІ, час).

Наші дослідження показали, що форма кривої АМІ є паспортною характеристикою досліджуваної рідини. Єдиним надзвичайно точним, контрольованим параметром рідини в такій технології є її об'єм. Саме цей параметр порівнюваних між собою рідин має бути однаковим.

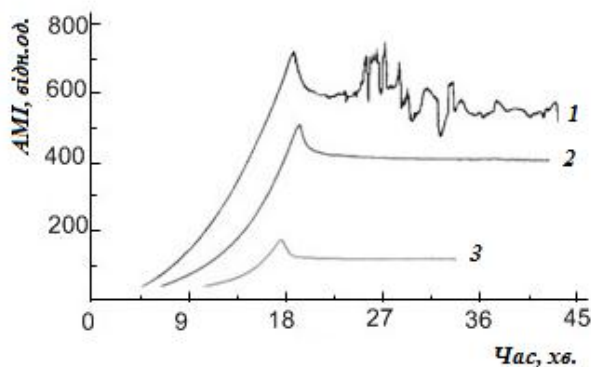
Рідина розміщується за допомогою мікродозатора і кронштейнів, що направляють його, в певне місце кварцової пластини, з невеликої висоти, що виключає розбризкування. Площа розтікання не лімітується, оскільки вона відбиває міру змочування підкладки і є однією з важливих характеристик рідини. Тому однакова якість поверхні сенсора є критичною для цієї технології. Перед початком і після закінчення виміру поверхня сенсора послідовно обробляється водою та ізопропиловим спиртом, після чого ретельно просушується. Така процедура обробки поверхні кварцу дозволяє отримувати добре відтворні результати при повторних вимірюваннях однієї й тієї ж рідини.

Таким чином, параметром, що забезпечує інформативність запропонованої технології – є змочування поверхні сенсора. При однаковому об'ємі зразків порівнюваних рідин і різної міри змочування краплі цих рідин матимуть різну форму: одна – плоскішу, з більшою площею основи, інша – округлішу, з меншою площею основи. Це неодмінно забезпечить відмінність як у початковій величині сигналу (2), так і в динаміці структуризації рідини у процесі висихання. Іншим важливим параметром, що впливає на динаміку АМІ, є фізичні властивості адсорбційних шарів.

Експериментально доведено, що в багатокомпонентній рідині відбувається перерозподіл компонент рідкої фази відповідно до їх поверхневої активності. Концентрація і якісний склад поверхнево-активних речовин (ПАР), що формують адсорбційний шар на межі з повітрям, визначають механічні властивості рідини – еластичність і густину, лімітуючи випари води різною мірою, а отже, її структуризацію. ПАР знижує також поверхневий натяг на межі рідина – підкладка і знижує швидкість гелеутворення в колоїдній фазі внаслідок утворення структурно механічного бар'єру. Саме це забезпечує виникненню тиску при утворенні нанокластерів. Ці процеси дають свій внесок у динаміку сигналу АМІ, оскільки розмір нанокластерів суттєво впливає на еволюцію структуроутворення у рідині, що висихає. Процеси самоорганізації у висихаючих краплях багатокомпонентних рідин, що відображуються сигналом АМІ, повністю зворотні і добре відтворюються. Далі наведемо результати практичного застосування описаної методики. Але зазначимо, що модельний опис процесів, що відбуваються в рідині при висиханні, є дуже непростим завданням.

**Результати кількісного аналізу.** На рис. 5 представлені етапи висихання сироватки крові практично здорового донора і відповідні ділянки кривої АМІ, що отримана авторами роботи [4, 6]. Ділянка кривої, що наведена праворуч виходить на насичення і зберігає його завдяки постійній масі і достатній еластичності сформованого гелю з рихлозв'язаною водою. Саме така крива має вважатися еталонною під час проведення кількісного аналізу структури рідини. Наприклад, на рис. 5 показані типові криві АМІ сироватки крові осіб, загинувших від передозування наркотиків і алкоголю порівняно з сироваткою здорового донора. Високий вміст в крові метаболітів наркотичних речовин пригнічує гелеутворення у тих краплях сироватки, що висихають і що робить їх надзвичайно крихкими. Навіть невеликі коливання стискування – розтягування кварцу призводять до інтенсивного розтріскування

залишків крапель і відкріплення їх фрагментів від поверхні сенсора. Це механічне навантаження, що хаотично змінюється, відображується на дисплеї у вигляді нерегульованих зигзагоподібних ліній. Криві АМІ у осіб, загиблих від алкогольної інтоксикації відрізняються від кривих, представлених на рис. 5.



**Рис. 5. Динаміка АМІ висихаючих крапель сироватки крові особи, загиблої від передозування наркотиків (1); практично здорового донора (2); особи, загиблої від алкогольної інтоксикації (3)**

Таким чином, досліджування кінетики рідини, що висихає на поверхні кварцового резонатора, що коливається, завдяки контрольованим фізико-хімічним параметрам, що інтегрально впливають на форму кривої АМІ, надає інформацію про рідину, що є достатньою для її ідентифікації.

Отже, запропонована нами методика реєстрації дії на рідині ряду фізичних чинників (магнітного поля УФ-випромінювання, запахів, рентгенівського випромінювання) відкриває можливість контролювати якість вин, соків, молока та інших рідин.

**Висновки.** Результати досліджень, що описані у цій статті систематизуються у такий спосіб: проаналізовано метод кварцового зважування; проведено ідентифікацію структури рідини; визначена топологія багатокомпонентної рідини;

Вирішені нами задачі дозволили визначити *морфологію* матеріалу рідини, а таким чином і багатокомпонентної речовини [11]. Використаний спосіб аналізу морфології багатокомпонентних рідин ґрунтується на використанні сенсорного пристрою, характерною рисою якого є отримання електронних підписів рідин, придатних для їх ідентифікації та паспортизації. Інформативну основу запропонованого нами методу складає динаміка складних процесів самоорганізації висихаючих крапель, що є критичною до складу і структури рідини. Реєстрація цієї динаміки і вираження її у вигляді кривих АМІ дозволяє отримувати кількісні відмінності між порівнюваними рідинами, що може бути використано для контролю їх якості шляхом порівняння з еталоном. Слід зауважити, що структурна еволюція висихаючих крапель біологічних рідин є складним багатоетапним процесом, в якому умовно можна виділити дві стадії: події, що відбуваються під час випарювання вільної води, і структуроутворення, що пов'язане з випаром води. Етапами структуроутворення першої стадії є: взаємодія рідини з підкладкою – за умови змочування, утворення лінії прикріплення до субстрату і розвиток відцентрової течії капілярної природи; утворення склоподібного шару на периферії краплі; розподіл розчинених компонентів у відповідності з їх поверхневими властивостями і утворення адсорбційних шарів по межах розділу фаз; каскад фазових переходів; кристалізація солі в матриці гелю.

#### Використані джерела

1. Рапис Е.Г. Образование упорядоченной структуры при высыхании пленки белка // Письма в ЖТФ. – 1988. – Т. 14. – Вып. 17. – С. 1560.
2. Тарасевич Ю.Ю. Механизмы и модели дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей // УФН. – 2004. – Т. 174. – № 7. – С. 779.
3. Шабалин В.Н. Морфология биологических жидкостей человека. М.: Хризостом, 2001. – 300 с.
4. Яхно Т.А. Новая технология исследования многокомпонентных жидкостей с использованием кварцевого резонатора. Теоретическое обоснование и приложения / Санин А.Г., Санина О.А., Казаков В.В., Яхно В.Г. // ЖТФ. – 2009. – т.79, №10. – С. 22 – 29.
5. Drozdov V.A., Kovalchuk V.V., Moiseev L.M. Optical spectra of polyhedral clusters: influence of the matrix surroundings // Photoelectronics. – 2005. – № 14. – P.12-18.

6. Ковальчук В.В. Нанометрологія та властивості нанокластерів // Метрологія та прилади. – 2010. – №2. – С. 54-56
7. Ковальчук В.В. Кластерная модификация полупроводниковых гетероструктур (монографія).- Наукове видання. К.: Хай-Тек Пресс, 2007. – 304 с.
8. Коломиец Л.В., Ковальчук В.В., Грабовский О.В., Жеребцова Л.М. Измерение толщины кластерного слоя методом кварцевого резонатора // Зб. наукових праць Кіровоградського національного технічного університету/ техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / – вип.23- Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 17-22
9. Дроздов В.А., Ковальчук В.В. Електронні процеси в наноструктурах с субфазим кремнієм // Журнал фізичних досліджень. – 2003. – № 4. – С. 25-32
10. Ковальчук В.В., Моїсєєв Л.М.. Мезомеханіка регулярного деформаційного рельєфу (монографія). – Наукове видання. К.: Професіонал, 2004. 275 с.
11. Дроздов В.О., Дроздов М.О., Ковальчук В.В. Аномально-инверсируемый фотовентильный эффект в кластеризованной гетероструктуре // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. – 2006. – №4. – С. 9-12

*Kovalchuk V., Rjabchenko S., Dolinska L., Smorg M.*

#### NON-DESTRUCTIVE EXPRESS-ANALYSIS OF LIQUIDS IN BIOMETRIC MEASUREMENTS

*The article is devoted to testing the method of analyzing the structure of a multicomponent substance by improving the experimental methodology developed on the basis of the quartz weighing method.*

*It is experimentally proved, that in a multicomponent liquid there is a redistribution of the components of the liquid phase in accordance with their surface activity. The concentration and qualitative composition of the surfactants, which form the adsorption layer on the boundary with air, determine the mechanical properties of the liquid: elasticity and density, limiting the evaporation of water to varying degrees, and, therefore, its structure formation.*

*It is determined that the proposed method of action registering on a liquid of a number of physical factors (magnetic field of UV radiation, odours, X-rays) opens the opportunity to control the quality of wines, juices, milk and other liquids.*

*The method used to analyze the morphology of multicomponent liquids is based on using of a sensor device, the characteristic feature of which is the obtaining of electronic signatures of liquids suitable for their identification and certification. The informative basis of the proposed method is the dynamics of complex processes for self-organization of drying droplets, which is critical to the composition and structure of the liquid.*

*The material presents the results of the identification of the structure of the liquid serum of human blood; its topology is determined; an analysis of researching of the substance structure a on the basis of other independent methods was made. It is determined that the proposed methodology and results of the conducted researches can be used for conducting of biometric analysis of human blood.*

*Registration of processes dynamics for self-organizing of droplets supports to obtain quantitative differences between the compared liquids that can be used to control their quality by comparison with the standard. We note that the structural evolution of drying drops of biological fluids is a complex multi-stage process, in which it is possible to distinguish two stages: events occurring during the evaporation of free water, and structure formation associated with evaporation of water. The stages of the first stage formation are: the interaction of the fluid with the substrate, provided by wetting, the formation of the attachment line to the substrate and the development of the centrifugal flow of capillary nature; the formation of a glassy layer on the periphery of the drop; the distribution of dissolved components in accordance with their surface properties and the formation of adsorption layers within the boundaries of the phase separation; cascade of phase transitions; crystallization of salt in a matrix of gel.*

**Key words:** *analysis, structure, quartz weighing, multicomponent substance, blood serum.*

*Стаття надійшла до редакції 19.08.2017*