

УДК 616-053.9-073.55

**Н. Д. Павлюкович
О. В. Павлюкович**Буковинський державний медичний
університет, м. Чернівці**ЛАЗЕРНА СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРІЯ
СУСПЕНЗІЇ ЕРИТРОЦИТІВ ЯК МАРКЕР
КОМОРБІДНОСТІ У ХВОРИХ ЛІТНЬОГО
ТА СТАРЕЧОГО ВІКУ****Ключові слова:** лазерна поляри-
метрія, еритроцит, ко-
морбідність.**Резюме.** Оцінювали діагностичну цінність методів лазерної поляриметрії як маркера деяких видів коморбідностей у хворих літнього та старечого віку. Комплексно обстежено 120 хворих на ішемічну хворобу серця, цукровий діабет 2-го типу та анемічний синдром літнього та старечого віку. У обстежуваних хворих різних груп встановлено взаємозв'язки між величинами набору статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли інтенсивності, азимутів та еліптичності поляризації лазерних зображень шарів еритроцитарної суспензії крові та поліморбідністю у літньому та старечому віці. Вперше з метою об'єктивної візуалізації структурної неоднорідності мембрани еритроцита за умов поліморбідності у хворих різних вікових груп використані лазерні поляриметричні методи дослідження та доведена їх діагностична цінність.**Вступ**

Явища взаємодії лазерного випромінювання з оптично-неоднорідними об'єктами покладено в основу діагностики мікро- та макроструктури останніх, форми та концентрації розсіюючих центрів, їх оптичної активності, анізотропії тощо. У результаті цих процесів відбувається одночасна складна просторово-координатна зміна основних параметрів пучка лазерного випромінювання (амплітуди, фази, поляризації тощо) [1, 3-5], які можна об'єктивно виміряти та оцінити ступінь їх змін, а на основі цього опосередковано судити про зміни структури біологічного об'єкта.

Мета дослідження

Оцінити діагностичну цінність методів лазерної поляриметрії як маркера деяких видів коморбідностей у хворих літнього та старечого віку.

Матеріал і методи

З метою встановлення діагностичної цінності методів лазерної Стокс-поляриметрії було комплексно обстежено 120 хворих літнього та старечого віку на ішемічну хворобу серця (ІХС), цукровий діабет (ЦД) 2-го типу та анемічний синдром (АС). Усі обстежені пацієнти залежно від супутньої патології були розподілені на наступні підгрупи: I – хворі на ІХС з супутнім ЦД 2-го типу (n=12), II – хворі на ІХС із супутньою анемією різного ступеня тяжкості (n=32), III – хворі на ІХС, що супроводжувалась супутніми анемією

та ЦД 2-го типу (n=76). Контрольну групу для порівняльних досліджень склали 12 пацієнтів з ІХС без супутнього АС та ЦД 2-го типу. Пацієнти III дослідної групи були розподілені на підгрупи залежно від рівня гемоглобіну: III А підгрупа – 38 пацієнтів з ІХС, ЦД 2-го типу та АС I ступеня тяжкості, III Б підгрупа – хворі на ІХС, ЦД 2-го типу та АС II ступеня тяжкості – 38 осіб. Критеріями виключення з дослідження слугували будь-які супутні захворювання в період загострення, онкологічна патологія, кровотечі будь-якої локалізації, відомі захворювання нирок, вагітність та оперативні втручання в анамнезі.

За основу визначених методик лазерної поляриметрії мазків суспензії еритроцитів обстежуваних пацієнтів було обрано поняття про двохкомпонентну структуру біологічної тканини, що надає їй властивостей променезаломлення та можливостей змінювати основні параметри лазерного випромінювання при його проходженні крізь шар БТ [1].

Для визначення основних 2D-параметрів розподілів векторів Стокса в площині лазерного зображення еритроцитарної суспензії визначали величину вектора Стокса такого зображення [3] шляхом проведення шести вимірювань інтенсивності за наступних умов поляризаційної фільтрації за допомогою поляризатора – аналізатора.

Обговорення результатів дослідження

Аналізуючи зображення зразків еритроцитарної суспензії, зареєстрованих у співвісних ($\Theta=0^\circ$)

і перехрещених ($\Theta=90^\circ$) площинах пропускання поляризатора і аналізатора, варто зазначити, що всі вони, незалежно від групи спостереження, є координатно неоднорідними (рис. 1). Еритроцити містять оптично-анізотропні ділянки речовини, що візуалізуються у вигляді ділянок просвітлення у перехрещених поляризаторі та аналізаторі ($\Theta=90^\circ$). Однак явних ознак зміни структури зображень залежно від наявності та типу патології візуально визначити не вдається.

Виходячи з цього, актуальним постає завдання визначення об'єктивних (кількісних) критеріїв диференціації структури поляризаційно-неоднорідних лазерних зображень та пошуку можливих взаємозв'язків між такою зміною структури еритроцитів та поліморбідністю, що вивчається.

За основу такого об'єктивного підходу ми використали статистичний аналіз з розрахунком сукупності статистичних моментів першого-четвертого порядків.

Для одержання кількісних критеріїв, які характеризують такі складні зображення, ми в межах статистично достовірних груп за відповідними алгоритмами обчислювали набір статистичних моментів 1-4-го порядків [5]. Середні значення отриманих показників та діапазони їх розкиду у межах групи контролю наведені в таблиці.

Аналіз одержаних результатів виявив, що вся сукупність статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли різних параметрів вектора Стокса, володіє індивідуальними наборами значень. Таким чином, нами виявлена чутливість статистичних параметрів до побудови інтенсивності, азимутів та еліптичності поляризації лазерних зображень шарів еритроцитарної суспензії.

Як видно з таблиці координатні розподіли параметрів вектора Стокса $S_i=1;3;4$ ($m \times n$) поляризаційно-неоднорідного зображення шару еритроцитарної суспензії крові хворих на ІХС та супутнім ЦД 2-го типу відрізняються від даних хворих контрольної групи – зменшується розкид випадкових значень азимутів $S_i=3$ ($m \times n$) і еліптичності $S_i=4$ ($m \times n$) поляризації. За рахунок цього знижується дисперсія σ і, навпаки, зростають асиметрія A та ексцес E .

Установлено, що для набору статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли параметрів вектора Стокса поляризаційно-неоднорідних зображень зразків еритроцитарної суспензії хворих на ІХС та ЦД 2-го типу, мають місце наступні відмінності у порівнянні з аналогічними параметрами зразків контрольної групи: середнє M ($S_i=1;3;4$) – практично не змінюються; дисперсія – $\sigma(S_i=1)$ –

зменшується у 1,36 раза, $\sigma(S_i=3)$ – у 1,29 раза, $\sigma(S_i=4)$ – у 1,86 раза відповідно; асиметрія – $A(S_i=1)$ – зростає у 1,63 раза, $A(S_i=3)$ – у 1,30 раза, $A(S_i=4)$ – у 1,36 раза відповідно; ексцес $E(S_i=1)$ – зростає у 2,09 раза, $E(S_i=3)$ – у 1,18 раза, $E(S_i=4)$ – у 1,08 раза відповідно.

Дисперсійний аналіз координатної структури серії лазерних зображень шарів еритроцитарної суспензії крові хворих на ІХС та супутній АС I ступеня виявив певні відмінності у порівнянні з контрольною групою. Виявлено, що величини статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли параметрів вектора Стокса поляризаційно-неоднорідних зображень зразків еритроцитарної суспензії хворих даної групи спостереження, мають наступні відмінності у порівнянні з аналогічними параметрами зразків з контрольної групи: середнє M ($S_i=1;3;4$) – практично не змінюються; дисперсія – $\sigma(S_i=1)$ – зменшується у 1,66 раза, $\sigma(S_i=3)$ – у 1,12 раза, $\sigma(S_i=4)$ – у 1,86 раза відповідно; асиметрія – $A(S_i=1)$ – зростає у 2,47 раза, $A(S_i=3)$ – у 1,8 раза, $A(S_i=4)$ – у 1,14 раза відповідно; ексцес $E(S_i=1)$ – зростає у 3,24 раза, $E(S_i=3)$ – у 1,05 раза, $E(S_i=4)$ – у 1,34 раза відповідно.

Аналогічна картина спостерігається і при дослідженні координатної та ймовірнісної структури параметрів вектора Стокса $S_i=1;3;4$ ($m \times n$) лазерного зображення еритроцитарної суспензії крові пацієнтів з ІХС та АС II ступеня. Установлено, що величини статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли параметрів вектора Стокса поляризаційно-неоднорідних зображень зразків еритроцитарної суспензії хворих із ІХС та АС II ступеня, мають значні відмінності у порівнянні з аналогічними параметрами зразків пацієнтів групи контролю: середнє M ($S_i=1;3;4$) – практично не змінюються; дисперсія – $\sigma(S_i=1)$ – зменшується у 2 раза, $\sigma(S_i=3)$ – у 1,8 раза, $\sigma(S_i=4)$ – у 1,44 раза відповідно; асиметрія – $A(S_i=1)$ – зростає у 3,72 раза, $A(S_i=3)$ – у 1,5 раза, $A(S_i=4)$ – у 1,36 раза відповідно; ексцес – $E(S_i=1)$ – зростає у 4,71 раза, $E(S_i=3)$ – у 1,21 раза, $E(S_i=4)$ – у 1,86 раза відповідно.

Статистичний аналіз параметрів вектора Стокса $S_i=1;3;4$ ($m \times n$) серії лазерних зображень шарів еритроцитарної суспензії крові хворих на ІХС, ЦД 2-го типу та АС I ступеня виявив наступні величини статистичних моментів M , σ , A , E та діапазони розкиду їх значень. Встановлено, що величини статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли параметрів вектора Стокса поляризаційно-неоднорідних зображень зразків еритроцитарної суспензії з групи хворих на ІХС, ЦД 2-го типу та

Таблиця

Статистичні моменти 1- 4-го порядків координатних розподілів параметрів векторів Стокса лазерних зображень еритроцитарної суспензії хворих на ішемічну хворобу серця, цукровий діабет 2-го типу та анемію

Статистичний момент	Контроль (n=12)	ІХС+ІД (n=12)	ІХС+АС I ст. (n=20)	ІХС+АС II ст. (n=12)	ІХС+ІД+АС I ст. (n=38)	ІХС+ІД+АС II ст. (n=38)	
S_1 ($m \times n$)	M середнє	0,67±0,072	0,69±0,017	0,72±0,012	0,64±0,021	0,71±0,017	
	σ дисперсія	0,15±0,012	0,11±0,009	0,09±0,005*	0,075±0,001*	0,08±0,010*	
	A асиметрія	0,32±0,021	0,52±0,011	0,79±0,015	1,19±0,003	2,29±0,250*	2,42±0,191*
	E експес	0,21±0,028	0,44±0,053	0,68±0,081	0,99±0,110	1,99±0,282*	2,23±0,421*
	M середнє	0,01±0,003	0,03±0,005	0,02±0,003	0,045±0,0068*	0,025±0,0041	0,03±0,004
	σ дисперсія	0,09±0,015	0,07±0,032	0,08±0,029	0,05±0,004	0,05±0,021	0,07±0,028
S_3 ($m \times n$)	A асиметрія	0,05±0,002	0,065±0,0011*	0,090±0,0007*	0,075±0,0003* #	0,09±0,001*	
	E експес	3,21±0,11	3,78±0,083	3,36±0,225	3,89±0,367	4,69±0,221*	3,86±0,310
	M середнє	0,02±0,002	0,025±0,0023	0,055±0,0014*	0,03±0,004 #	0,055±0,0042*	0,07±0,002* §
S_4 ($m \times n$)	σ дисперсія	0,26±0,037	0,14±0,059	0,14±0,047	0,18±0,041	0,19±0,064	
	A асиметрія	0,07±0,009	0,095±0,0080	0,08±0,010	0,095±0,0015	0,11±0,016	0,14±0,012*
	E експес	2,140±0,33	2,310±0,19	2,87±0,11	3,98±0,16* #	4,27±0,175*	4,52±0,25*

Примітка. * – різниця вірогідна проти хворих контрольної групи ($p < 0,05$); § – різниця вірогідна проти хворих на ІХС, ІД та АС I ступеня; ($p < 0,05$); # – різниця вірогідна проти хворих з ІХС та АС I ступеня ($p < 0,05$)

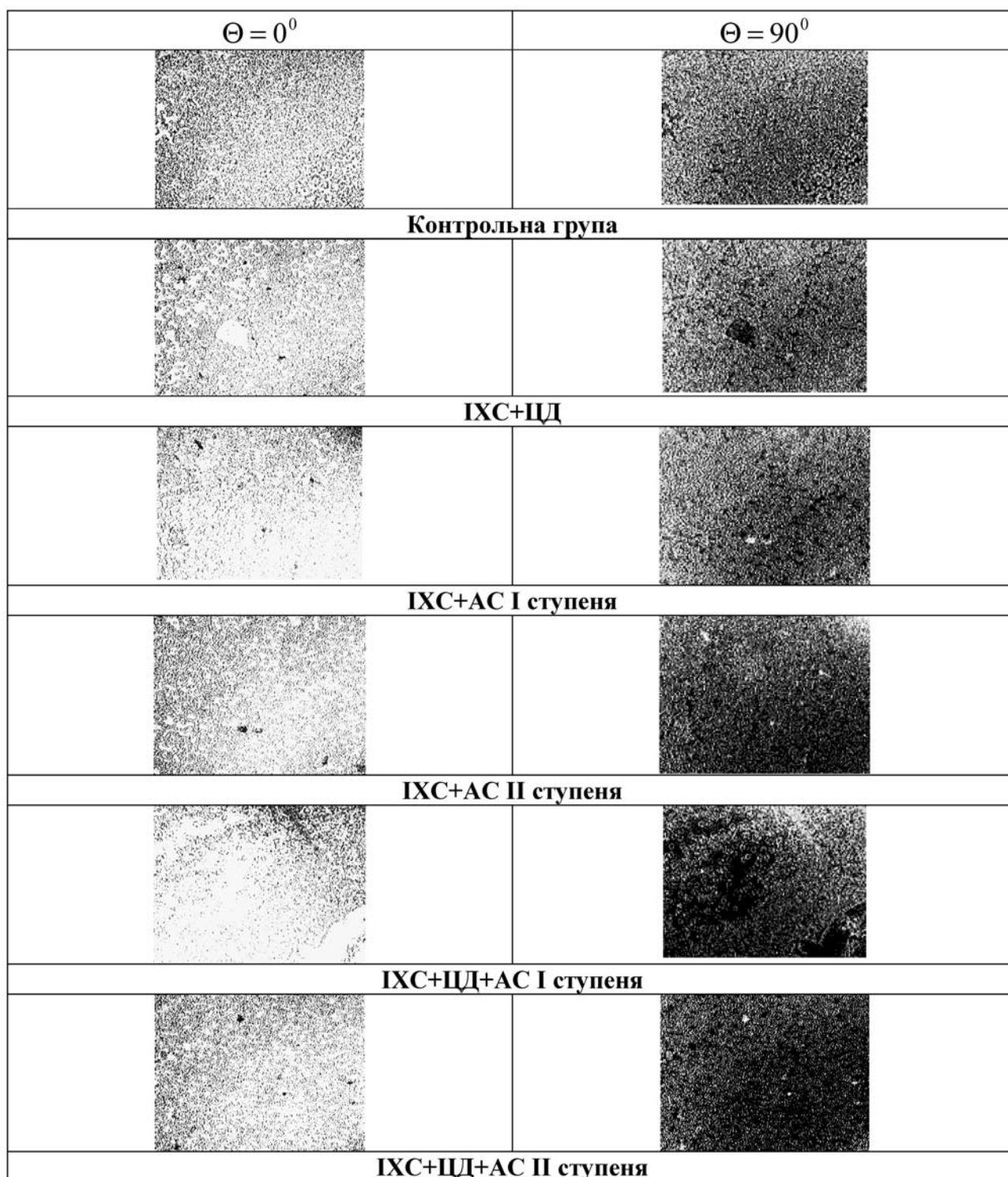


Рис. Лазерні зображення мазків еритроцитарної суспензії хворих основних груп спостереження

АС I ступеня мають суттєві відмінності у порівнянні з аналогічними параметрами зразків з контрольної групи: середнє $M(Si=1;3;4)$ – практично не змінюються; дисперсія – $\sigma(Si=1)$ – зменшується у 1,87 раза, $\sigma(Si=3)$ – у 1,8 раза, $\sigma(Si=4)$ – у 1,37 раза відповідно; асиметрія – $A(Si=1)$ – зростає у 7,16 раза, $A(Si=3)$ – у 1,8 раза, $A(Si=4)$ – у 1,57 раза відповідно; ексцес – $E(Si=1)$ – зростає у 9,48 раза, $E(Si=3)$ – у 1,46 раза, $E(Si=4)$ – у 1,99 раза відповідно.

Показано, що величини статистичних моментів 1-4-го порядків, які характеризують координатні розподіли параметрів вектора Стокса поляризаційно – неоднорідних зображень зразків еритроцитарної суспензії з групи хворих на ІХС, ЦД 2-го типу та АС II ступеня мають суттєві відмінності у порівнянні з аналогічними параметрами зразків з контрольної групи: середнє $M(Si=1;3;4)$ – практично не змінюються; дисперсія – $\sigma(Si=1)$ – зменшується у 1,58 раза, $\sigma(Si=3)$ – у

1,28 раза, $\sigma(S_i=4)$ – у 2,17 раза відповідно; асиметрія – $A(S_i=1)$ – зростає у 7,56 раза, $A(S_i=3)$ – у 2,8 раза, $A(S_i=4)$ – у 2 раза відповідно; ексцес – $E(S_i=1)$ – зростає у 10,62 раза, $E(S_i=3)$ – у 1,20 раза, $E(S_i=4)$ – у 2,11 раза відповідно.

Висновки

У ході проведення лазерної Стокс-поляриметриї мазків еритроцитарної суспензії обстежуваних хворих різних груп нами встановлені взаємозв'язки між величинами набору статистичних моментів 1-4-го порядків M ; σ ; A ; E , які характеризують координатні розподіли інтенсивності $S1$ ($m \times n$), азимутів $S3$ ($m \times n$) та еліптичності $S4$ ($m \times n$) поляризації лазерних зображень шарів еритроцитарної суспензії крові та поліморбідністю у літньому та старечому віці.

Перспективи подальших досліджень

Вважаємо за доцільне подальший пошук об'єктивних методів візуалізації структурної неоднорідності мембрани еритроцита за умов поліморбідності в хворих різних вікових груп.

Література. 1. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи / О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський, Ю. О. Ушенко. – Чернівці: Колір-Друк, 2007. – 314 с. 2. Эритроцит при патологии: размышления у электронного микроскопа / Н. В. Рязанцева, В. В. Новицкий, Е. А. Степовая [и др.] // Архив патологии. – 2004. – № 3. – С. 56-61. 3. Dubolazov A. V. Mueller – matrices tomography of two – layer biological crystals networks / A. V. Dubolazov, I. Z. Misevitch, V. P. Ungurian // Ninth Conference on Correlation Optics. – Proc. SPIE. – 2009. – Vol. 7388. – P. 73881G. 4. Fedosov D. A. A multiscale red blood cell model with accurate mechanics, rheology, and dynamics / D. A. Fedosov, B. Caswell, G. E. Karniadakis // Biophysical Journal. – 2010. – Vol. 98, № 10. – P. 2215-2225. 5. Tomka Yu. Ya. Wavelet analysis of biological tissue's Mueller-matrix images / Yu. Ya. Tomka // Proc. SPIE. – 2008. – Vol. 7008. – P. 700823.

ЛАЗЕРНАЯ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРИЯ ЭРИТРОЦИТАРНОЙ СУСПЕНЗИИ ЭРИТРОЦИТОВ КАК МАРКЕР КОМОРБИДНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

Н. Д. Павлюкович, А. В. Павлюкович

Резюме. Оценить диагностическую ценность методов лазерной поляриметрии как маркера некоторых видов ко-

морбидностей у больных пожилого и старческого возраста. Комплексно обследовано 120 больных ишемической болезнью сердца, сахарным диабетом 2-го типа и анемическим синдромом пожилого и старческого возраста. У обследуемых пациентов разных групп установлены взаимосвязи между значениями статистических моментов 1-4-го порядков, которые характеризуют координатные распределения интенсивностей, азимутов и эллиптичности поляризации лазерных изображений слоев эритроцитарной суспензии крови и полиморбидностью у пациентов пожилого и старческого возраста. Впервые с целью объективной визуализации структурной неоднородности мембраны эритроцита в условиях полиморбидности у пациентов разных возрастных групп использованы лазерные поляриметрические методы исследования и доказана их диагностическая ценность.

Ключевые слова: лазерная поляриметрия, эритроцит, коморбидность.

UDC 616-053.9-073.55

LASER STOKES-POLARIMETRY OF ERYTHROCYTES SUSPENSION AS A MARKER OF COMORBIDITY IN ELDERLY AND SENILE PATIENTS

N.D. Pavliukovich, O.V. Pavliukovich

Abstract. To estimate the diagnostic value of laser polarimetry methods as a marker of some types of comorbidity in elderly and senile patients.

Design/approach. 120 elderly and senile patients with ischemic heart disease, diabetes mellitus type 2 and anemic syndrome were under complex investigation.

Findings. In elderly and senile patients of different groups the relationship between the values of a set of statistical moments of 1-4-th order, which characterize the coordinate distributions of intensity, azimuth and ellipticity of polarization of laser images of erythrocytes suspension, and comorbidity were determined.

Originality/value. First the purpose of objective visualization of structural heterogeneity of erythrocyte membranes under condition of comorbidity in patients of different age groups laser polarimetry methods have been used and their diagnostic value has been proved.

Key words: laser polarimetry, erythrocyte, comorbidity.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine)

Clin. and experim. pathol. - 2012. - Vol. 11, №2(40). - P. 117-121.

Надійшла до редакції 25.05.2012

Рецензент – проф. М.В. Шаплавський

© Н. Д. Павлюкович, О. В. Павлюкович, 2012