

Ю. Є. Роговий, О. В. Колеснік

АНАЛІЗ КЛУБОЧКОВО-КАНАЛЬЦЕВОГО ТА КАНАЛЬЦЕВО-КАНАЛЬЦЕВОГО БАЛАНСУ ЗА НАВАНТАЖЕННЯ ВОДОЮ ВІД'ЄМНОГО ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В ОЛІГУРИЧНУ СТАДІЮ СУЛЕМОВОЇ НЕФРОПАТІЇ

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

УДК 616.61-092:616-008.92-019

Ю. Е. Роговий, О. В. Колесник

АНАЛИЗ КЛУБОЧКОВО-КАНАЛЬЦЕВОГО И КАНАЛЬЦЕВО-КАНАЛЬЦЕВОГО БАЛАНСА ПРИ НАГРУЗКЕ ВОДОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ОЛИГУРИЧЕСКУЮ СТАДИЮ СУЛЕМОВОЙ НЕФРОПАТИИ

Буковинский государственный медицинский университет, Черновцы, Украина

Робота посвящена исследованию процессов клубочково-канальцевого и канальцево-канальцевого баланса в почках при нагрузке водой отрицательного окислительно-восстановительного ((-232,00±25,12) мВ) потенциала в олигурическую стадию сулемовой нефропатии, которые изучали на 40 белых нелинейных половозрелых крысах-самцах. Показано потерю положительных корреляционных связей относительной реабсорбции воды с абсолютной и проксимальной реабсорбциями ионов натрия и ослабление силы корреляционной связи относительной реабсорбции воды с клубочковой фильтрацией в олигурическую стадию сулемовой нефропатии при нагрузке водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала. Выявленные изменения клубочково-канальцевого и канальцево-канальцевого баланса указывают на улучшение процессов активного транспорта в проксимальном отделе нефрона при вышеупомянутых условиях эксперимента.

Ключевые слова: почки, сулемовая нефропатия, олигурия, клубочково-канальцевый баланс, канальцево-канальцевый баланс, вода отрицательного окислительно-восстановительного потенциала.

UDC 616.61-092:616-008.92-019

Yu. Ye. Rohovyy, O. V. Kolesnik

ANALYSIS OF GLOMERULAR-TUBULAR AND CANALICULAR-TUBULAR BALANCE IN THE LOAD OF WATER OF NEGATIVE REDOX POTENTIAL IN THE OLIGURIC STAGE OF SUBLIMATE NEPHROPATHY

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Aim. The work is devoted to investigation of processes in the kidney glomerular-tubular and canalicular-tubular balance in the load of water negative redox potential in the oliguric stage of sublimite nephropathy.

The **object** of study — 40 nonlinear mature white rats-males, which studied the effect of load water negative redox potential ((-232.0±25.12) mV) in the oliguric stage of sublimite nephropathy. There was demonstrated loss of positive correlations of relative reabsorption of water absolute, proximal reabsorption of sodium ions and reduction in the strength of correlation relative reabsorption of water from glomerular filtration in the oliguric stage of sublimite nephropathy with a load of water negative redox potential.

The detected changes in glomerular-tubular and canalicular-tubular balance indicate an improvement of the processes of active transport in the proximal nephron with a load of water negative redox potential.

Key words: kidney, sublimite nephropathy, oliguria, glomerular tubular balance, canalicular-tubular balance, the water negative redox potential.

Виконання ниркою осмо-, кисло- та іонорегулювальних функцій щодо забезпечення гомеостазу організму істотно залежить від процесів клубочково-канальцевого та

канальцево-канальцевого балансу [1; 2]. Розлади їх досить глибоко вивчені за введення 2,4-динітрофенолу, сулеми, при розвитку гарячки, за умов навантаження водою від'ємно-

го окисно-відновного потенціалу порівняно з індукованим діурезом звичайною водогінною водою в інтактних щурів [3–6]. Водночас і донині залишається не вивченою проблема щодо впливу навантаження водою від'ємного окисно-віднов-



ного потенціалу порівняно з індукованим діурезом звичайною водогінною водою в олігуричну стадію сулемової нефропатії на стан процесів клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу.

Мета даної роботи — з'ясувати стан процесів клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу за умов навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу в олігуричну стадію сулемової нефропатії.

Матеріали та методи дослідження

В експериментах на 40 білих нелінійних щурах-самцях масою 0,16–0,18 кг в олігуричну стадію сулемової нефропатії, яку моделювали за умов гіпонатрієвого раціону харчування шляхом підшкірного введення сулеми дозою 5 мг/кг, досліджували вплив навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу ((-232,00 ± ±25,12) мВ), останню отримували шляхом обробки водогінної води препаратом мікрогідрин [5], порівняно з індукованим діурезом звичайною водогінною водою (окисно-відновний потенціал (88,70 ± 18,35) мВ). Окисно-відновний потенціал води вимірювали ОВП-метром [4; 7].

Функціональний стан нирок досліджували за умов водного діурезу, для чого щурам внутрішньошлунково за допомогою металевого зонда вводили звичайну водогінну воду або воду від'ємного окисно-відновного потенціалу, підігріту до температури 37 °С, у кількості 5 % від маси тіла. Величину діурезу (V) оцінювали у міліметрах за 2 год на 100 г. Після водного навантаження з метою отримання плазми проводили евтаназію тварин шляхом декапітації під легким ефірним наркозом, кров збирали у пробірки з гепарином. У плазмі крові та сечі визначали концентрацію креатиніну за реакцією з пікриновою кислотою,

іонів натрію — методом фотометрії полум'я на ФПЛ-1. Швидкість клубочкової фільтрації (C_{cr}) оцінювали за кліренсом ендogenous креатиніну, яку розраховували за формулою:

$$C_{cr} = U_{cr} \cdot V / P_{cr},$$

де U_{cr} і P_{cr} — концентрація креатиніну в сечі та плазмі крові відповідно.

Відносну реабсорбцію води (RH_2O %) оцінювали за формулою:

$$RH_2O \% = (C_{cr} - V) / C_{cr} \cdot 100 \%$$

Абсолютну реабсорбцію іонів натрію ($RFNa^+$) розраховували за формулою:

$$RFNa^+ = C_{cr} \cdot PNa^+ - V \cdot UNa^+.$$

Досліджували проксимальну та дистальну реабсорбцію іонів натрію (T^pNa^+ , T^dNa^+). Розрахунки проводили за формулами [8–10]:

$$T^pNa^+ = (C_{cr} - V) \cdot PNa^+;$$

$$T^dNa^+ = (PNa^+ - UNa^+) \cdot V.$$

Стан клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу оцінювали шляхом проведення кореля-

ційного аналізу між процесами клубочкової фільтрації, абсолютної, проксимальної, дистальної реабсорбції іонів натрію та відносної реабсорбції води [1; 5; 6].

Усі дослідження виконані з дотриманням Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, яких використовують в експериментах та інших наукових цілях (від 18.03.1986 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. та № 944 від 14.12.2009 р.

Статистичну обробку даних, включаючи кореляційний і регресійний аналіз проводили за допомогою комп'ютерних програм "Statgrafics" та "Excel 7.0".

Результати дослідження та їх обговорення

Клубочково-канальцевий і канальцево-канальцевий баланс в олігуричну стадію сулемової нефропатії характеризується вірогідними позитивними кореляційними зв'язками між клубочковою фільтрацією й абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів нат-

Таблиця 1

Стан клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу нирок за умов гіпонатрієвого раціону харчування в олігуричну стадію сулемової нефропатії, n=10

| | V | C_{cr} | $RFNa^+$ | T^pNa^+ | T^dNa^+ | RH_2O % |
|-----------|---|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|
| V | — | — | — | — | 0,733 p<0,02 | — |
| C_{cr} | — | — | 0,895 p<0,001 | 0,901 p<0,001 | — | 0,817 p<0,01 |
| $RFNa^+$ | — | — | — | 0,999 p<0,001 | — | 0,751 p<0,02 |
| T^pNa^+ | — | — | — | — | — | 0,761 p<0,02 |
| T^dNa^+ | — | — | — | — | — | — |
| RH_2O % | — | — | — | — | — | — |

Примітка. У табл. 1 і 2: V — діурез, мл/2 год · 100 г; C_{cr} — клубочкова фільтрація, мкл/хв · 100 г; $RFNa^+$ — абсолютна реабсорбція іонів натрію, мкмоль/хв · 100 г; T^pNa^+ — проксимальна реабсорбція іонів натрію, мкмоль/2 год · 100 г; T^dNa^+ — дистальна реабсорбція іонів натрію, мкмоль/2 год · 100 г; RH_2O % — відносна реабсорбція води, %; p — вірогідність кореляційного зв'язку; n — кількість спостережень.



Стан клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу нирок при навантаженні водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за умов гіпонатрієвого раціону харчування в олігуричну стадію сулемової нефропатії, n=10

| | V | C _{cr} | RFNa ⁺ | T _p Na ⁺ | T _d Na ⁺ | RH ₂ O % |
|--------------------------------|---|-----------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| V | — | — | — | — | 0,941 p<0,001 | — |
| C _{cr} | — | — | 0,850 p<0,01 | 0,849 p<0,01 | — | 0,657 p<0,05 |
| RFNa ⁺ | — | — | — | 1,000 p<0,001 | — | — |
| T _p Na ⁺ | — | — | — | — | — | — |
| T _d Na ⁺ | — | — | — | — | — | — |
| RH ₂ O % | — | — | — | — | — | — |

рію (табл. 1). При цьому абсолютна реабсорбція іонів натрію прямопропорційно корелює з проксимальною реабсорбцією цього катіона. Дистальна реабсорбція іонів натрію позитивно корелює з діурезом. Відносна реабсорбція води була зв'язана позитивними кореляційними зв'язками з клубочковою фільтрацією, абсолютною і проксимальною реабсорбціями іонів натрію.

При навантаженні водою від'ємного окисно-відновного потенціалу в олігуричну стадію сулемової нефропатії виявлялися позитивні кореляційні зв'язки між клубочковою фільтрацією й абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію і відносною реабсорбцією води. Абсолютна реабсорбція іонів натрію прямопропорційно корелювала з проксимальною його реабсорбцією. Дистальна реабсорбція іонів натрію позитивно корелювала з діурезом. Водночас спостерігалася втрата позитивних кореляційних зв'язків між відносною реабсорбцією води

й абсолютною і проксимальною реабсорбціями іонів натрію (табл. 2). Графічне зображення процесів клубочково-канальцевого і канальцево-канальцевого балансу при навантаженні звичайною водогінною водою та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу

в олігуричну стадію сулемової нефропатії наведено на рис. 1. На рис. 2 продемонстровано регресійний аналіз взаємозв'язків між клубочковою фільтрацією, абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію і відносною реабсорбцією води в олігуричний пері-

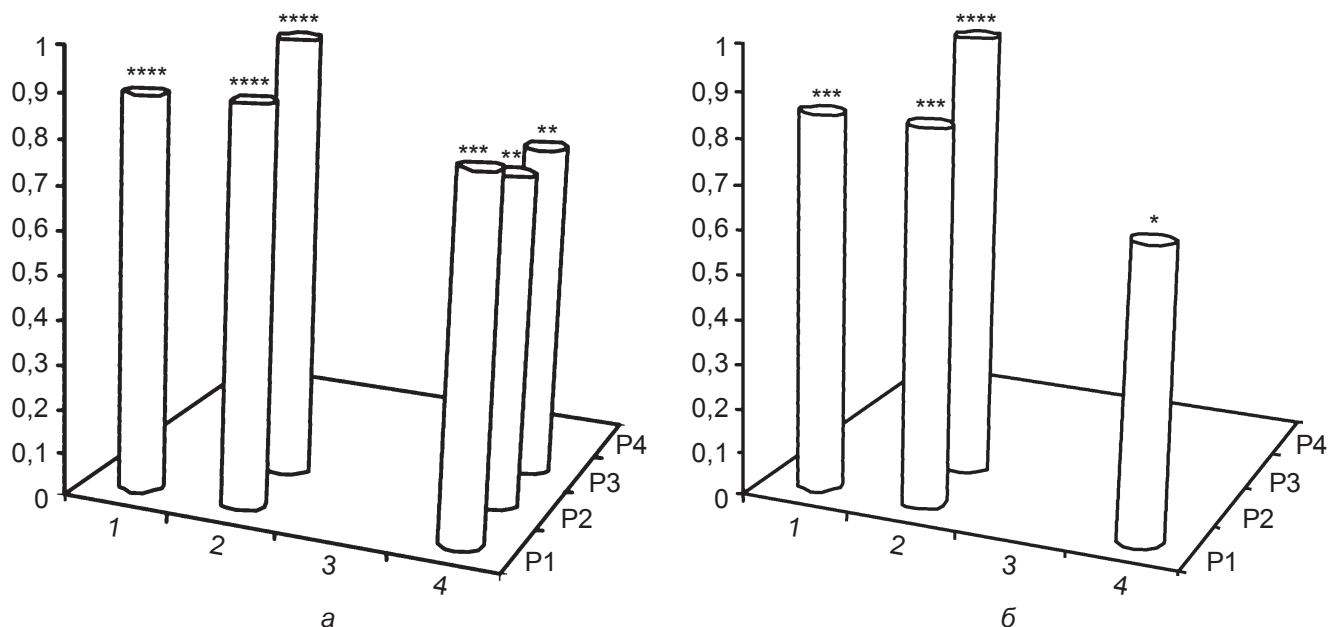


Рис. 1. Стан клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу нирок при навантаженні звичайною водогінною водою (а) та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу (б) за умов гіпонатрієвого раціону харчування в олігуричну стадію сулемової нефропатії. P₁ — клубочкова фільтрація, мкл/хв · 100 г; P₂, 1 — абсолютна реабсорбція іонів натрію, ммоль/хв · 100 г; P₃, 2 — проксимальна реабсорбція іонів натрію, ммоль/2 год · 100 г; P₄, 3 — дистальна реабсорбція іонів натрію, ммоль/2 год · 100 г; 4 — відносна реабсорбція води, %. Вірогідність кореляційного зв'язку відзначено: ** — p<0,02; *** — p<0,01; **** — p<0,001

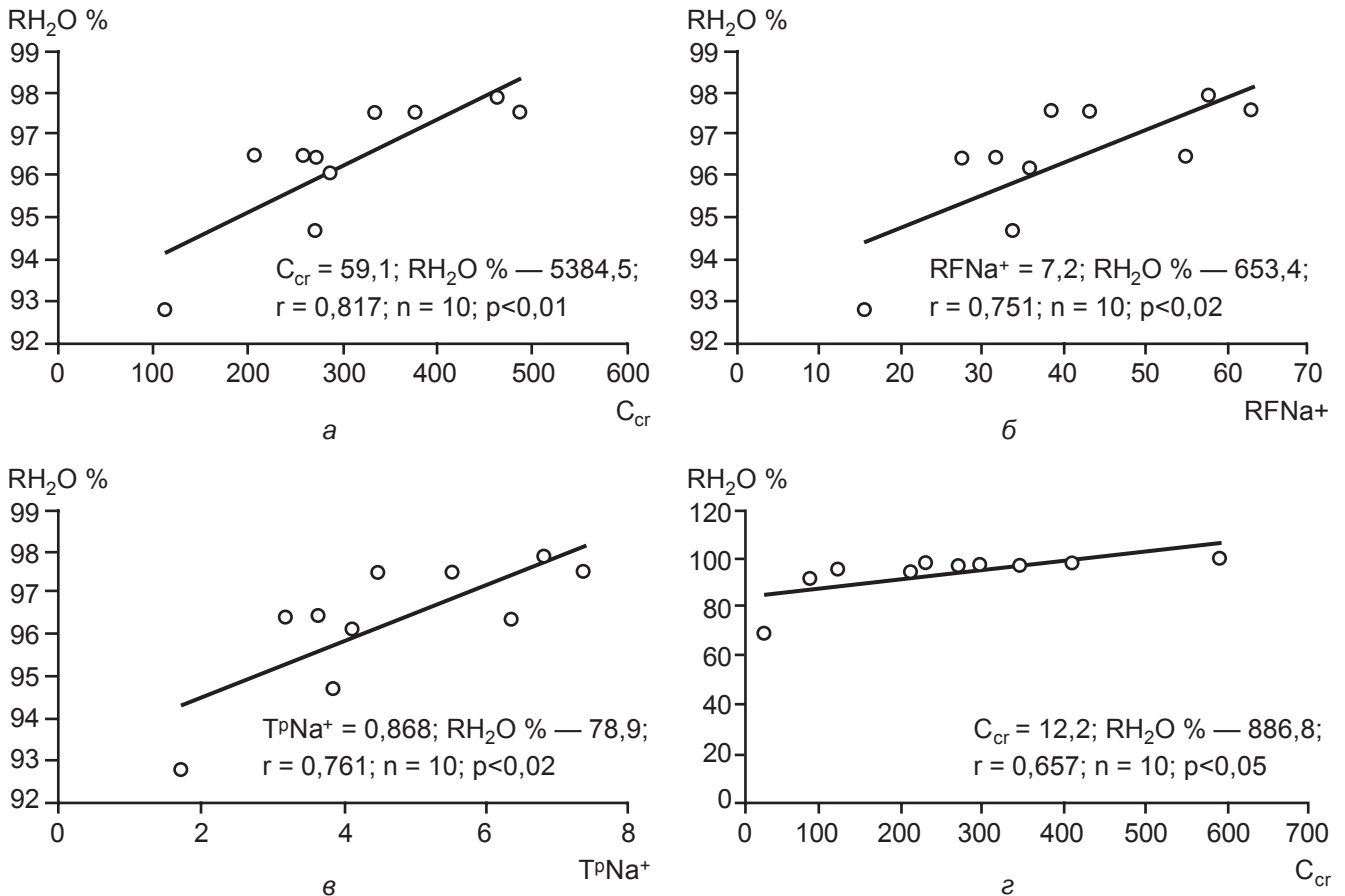


Рис. 2. Регресійний аналіз взаємозв'язків між клубочковою фільтрацією, абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію й відносною реабсорбцією води в олігуричний період сулемової нефропатії при гіпонатрієвому раціоні харчування при навантаженні звичайною водогінною водою (а, б, в) та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу (г). За віссю абсцис: C_{cr} — клубочкова фільтрація, мкл/хв · 100 г; $RFNa^+$ — абсолютна реабсорбція іонів натрію, мкмоль/хв · 100 г; $TPNa^+$ — проксимальна реабсорбція іонів натрію, ммоль/2 год · 100 г. За віссю ординат: $RH_2O \%$ — відносна реабсорбція води, %; r — коефіцієнт кореляції; p — достовірність кореляційного зв'язку; n — кількість спостережень

од сулемової нефропатії при гіпонатрієвому раціоні харчування під час навантаження звичайною водогінною водою та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу.

Наявність вірогідних кореляційних зв'язків між клубочковою фільтрацією й абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію, між абсолютною реабсорбцією іонів натрію та його транспортом у проксимальному відділі нефрону свідчить про збереження механізмів клубочково-канальцевого балансу при навантаженні звичайною водогінною водою за умов гіпонатрієвого раціону харчування в олігуричну стадію сулемової нефропатії. Той факт, що дистальна

реабсорбція іонів натрію позитивно корелює з діурезом підтверджує ушкодження проксимального канальця. Установлені дані, що відносна реабсорбція води була зв'язана позитивними кореляційними зв'язками з клубочковою фільтрацією, абсолютною і проксимальною реабсорбціями іонів натрію, підтверджують домінування процесів пасивного транспорту в проксимальному канальці за рахунок ушкодження сулемою процесів активних енергозалежних механізмів реабсорбції іонів натрію.

Беручи до уваги, що зниження окисно-відновного потенціалу води на кожні 59 мВ призводить до збільшення кількості електронів у 10 разів, при

зниженні окисно-відновного потенціалу води на 118 мВ кількість електронів зростає у 100 разів, а на 177 мВ — у 1000 разів [3; 4], то зростання кількості електронів може сприяти покращанню синтезу макроергів АТФ і, відповідно, позитивно впливати на функцію канальців нирок. Цим пояснюється втрата позитивних кореляційних зв'язків між відносною реабсорбцією води й абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію, оскільки покращання процесів активного транспорту в проксимальному канальці призводило до зменшення частки участі процесів пасивної реабсорбції і, відповідно, до втрати вищезазначених коре-



ляції. Аналогічним чином пояснюється ситуація щодо послаблення сили кореляційного зв'язку між клубочковою фільтрацією та відносною реабсорбцією води.

Висновки

1. При навантаженні водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за умов гіпонатрієвого раціону харчування в олігуричну стадію сулемової нефропатії встановлено втрату позитивних кореляційних зв'язків відносно реабсорбції води з абсолютною та проксимальною реабсорбціями іонів натрію й послаблення сили кореляційного зв'язку відносно реабсорбції води з клубочковою фільтрацією.

2. Виявлені зміни клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу вказують на покращання процесів активного транспорту в проксимальному відділі нефрона при навантаженні водою від'ємного окисно-відновного потенціалу.

Перспективи подальших досліджень. Обґрунтовано є перспектива подальших розробок у даному напрямку щодо з'ясування механізмів змін клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу при навантаженні водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за умов гіпонатрієвого раціону харчування на поліурічний стадії сулемової нефропатії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бойчук Т. М.* Патолофізіологія гепаторенального синдрому при гемічній гіпоксії / Т. М. Бойчук, Ю. Є. Роговий, Г. Б. Попович. – Чернівці : Медичний університет, 2012. – 192 с.
2. *Роговий Ю. Є.* Патолофізіологія гепаторенального синдрому на поліурічний стадії сулемової нефропатії / Ю. Є. Роговий, О. В. Злотар, Л. О. Філіпова. – Чернівці : Медичний університет, 2012. – 197 с.
3. *Роговий Ю. Є.* Вплив води від'ємного окисно-відновного потенціалу на функцію нирок у інтактних щурів / Ю. Є. Роговий, О. В. Колеснік // Буковинський медичний вісник. –

2012. – Т. 16, № 3 (част. II). – С. 191–194.

4. *Ниркові ефекти води низького поверхневого натягу та від'ємного окисно-відновного потенціалу / Ю. Є. Роговий, О. В. Колеснік, О. В. Залявська, Л. О. Філіпова // 95-та підсумкова наукова конференція професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету, присвячена 70-річчю БДМУ : матеріали, Чернівці, 17, 19, 24 лютого 2014 р. – Чернівці : Медичний університет, 2014. – С. 44–45.*

5. *Роговий Ю. Є.* Стан клубочково-канальцевого та канальцево-канальцевого балансу за навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу / Ю. Є. Роговий, О. В. Колеснік // Галицький лікарський вісник. – 2015. – Т. 22, № 4 (част. 2). – С. 56–60.

6. *Rohovyy Yu. Ye.* State of glomerular-tubular balance and tubular-tubular balance in the dynamics of fever development / Yu. Ye. Rohovyy, T. G. Kopchuk // *British Journal of Science, Education and Culture*. – 2014. – Vol. III, № 1 (5), January-June. – P. 394–401.

7. *Шульц М. М.* Окислительный потенциал. Теория и практика / М. М. Шульц, А. М. Писаревский, И. П. Полозова. – Л. : Химия, 1984. – 168 с.

8. *Дікал М. В.* Роль фактора некрозу пухлин альфа в патогенезі тубуло-інтерстиційного синдрому за хронічного нефриту Мазугі / М. В. Дікал, Ю. Є. Роговий // Вісник наукових досліджень. – 2007. – № 2. – С. 108–111.

9. *Роговий Ю. Є.* Патолофізіологія вікових особливостей функцій нирок за умов надлишку і дефіциту іонів натрію при сулемовій нефропатії / Ю. Є. Роговий, К. В. Слободян, Л. О. Філіпова. – Чернівці : Медичний університет, 2013. – 200 с.

10. *Федорук А. С.* Защитное воздействие α -токоферола на функцию почек и перекисное окисление липидов при острой гемической гипоксии / А. С. Федорук, А. И. Гоженко, Ю. Е. Роговий // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. – 1998. – № 4. – С. 35–38.

REFERENCES

1. *Boychuk T.N., Rohovyy Yu.Ye., Popovich H.B.* *Patofiziologiya hepatorenalnoho syndromu pry hemichnii hipoksii*. Chernivtsi, Medical University, 2012, 192 p.
2. *Rohovyy Yu.Ye., Zlotar O.V., Filipova L.O.* *Patofiziologiya hepatorenalnoho syndromu na poliurichnii stadii sulemovoi nefropatii*. Chernivtsi: Medical university, 2012, 197 p.
3. *Rohovyy Yu.Ye., Kolesnik O.V.* The influence of water negative redox

potential on renal function in intact rats. *Buk. med. visnyk* 2012; 16 (3 (part II): 191-194.

4. *Rohovyy Yu.Ye., Kolesnik O.V., Zalavska O.V., Filipova L.O.* *Nyrkovii efekty vody nyzkoho poverkhnevoho natyahu ta vid'yemnoho okysno-vidnovnoho potentsialu. Materialu 95-i pidsumkovoї naukovoї konferentsii profesorsko-vykladatskoho personalu Bukovynskoho derzhavnoho medychnoho universytetu (dedicated to the 70th BSMU)*, Chernivtsi, 17, 19, 24 february 2014). Chernivtsi: Medical university, 2014: 44-45.

5. *Rohovyy Yu.Ye., Kolesnik O.V.* The state of glomerular-tubular and canalicular-tubular balance for the load water negative redox potential. *Galytskyy likarskyy visnyk* 2015; 22 (4 (part 2): 56-60.

6. *Rohovyy Yu.Ye., Kopchuk T.G.* State of glomerular-tubular balance and tubular-tubular balance in the dynamics of fever development. *British Journal of Science, Education and Culture* 2014; III (1(5), January-June: 394-401.

7. *Shults M.M., Pysarevskyy A.M., Polozova I.P.* *Okyslytelnyy potentsial. Teoriya i praktika*. L., Khimiya, 1984, 168 p.

8. *Dikal M.V., Rohovyy Yu.Ye.* The role of tumor necrosis factor alpha in the pathogenesis of tubulo-interstitial syndrome under chronic Masugi nephritis. *Visnyk naukovykh doslidzhen* 2007; 2: 108-111.

9. *Rohovyy Yu.Ye., Slobodyan K.V., Filipova L.O.* *Patofiziologiya vikovykh osoblyvostey funktsiy nyrok za umov nadlyshku i defitsity ioniv natriyu pry sulemoviy nefropatii*. Chernivtsi, Medical university, 2013 200 c.

10. *Fedoruk A.S., Hozhenko A.I., Rohovyy Yu.Ye.* Protective effects α -tocopherol on renal function and lipid peroxidation in acute hemic hypoxia. *Patol. fiziol. i eksperim. terapiya* 1998; 4: 35-38.

Надійшла 25.04.2017

