



## Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis

Scientific and Practical, Medical Journal

### Founders:

- State Institution «Institute of Nephrology NAMS of Ukraine»
- National Kidney Foundation of Ukraine

ISSN 2304-0238;  
eISSN 2616-7352

Journal homepage: <https://ukrjnd.com.ua>

### Nephrology School

**B. Tkachuk<sup>1,2</sup>, V. Lisovyi<sup>2</sup>, M. Kolesnyk<sup>3</sup>, E. Sokol<sup>1</sup>,  
R. Tomashevskiy<sup>1</sup>, N. Kotulevych<sup>2</sup>, L. Mykhailiuk<sup>2</sup>**

doi: 10.31450/ukrjnd.1(65).2020.08

### Optimal design and ensuring the stable functioning the pretreatment systems and obtaining high-quality permeate for HD/HDF

<sup>1</sup>Department of Industrial and Biomedical Electronics, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

<sup>2</sup>Communal non-profit enterprise of Kharkiv regional council «Regional Medical Clinical Center of Urology and Nephrology n. a. V. I. Shapoval», Kharkiv

<sup>3</sup>SI «Institute of Nephrology of the National Academy of Medical Sciences», Kyiv, Ukraine

### Citation:

Tkachuk B, Lisovyi V, Kolesnyk M, Sokol E, Tomashevskiy R, Kotulevych N, Mykhailiuk L. Optimal design and ensuring the stable functioning the pretreatment systems and obtaining high-quality permeate for HD/HDF. Ukr J Nephrol Dial. 2020;1(65):58-64. doi: 10.31450/ukrjnd.1(65).2020.08

### Article history:

Received December 27, 2019

Received in revised form

January 05, 2020

Accepted January 14, 2020

**Abstract.** Since 2011, at the Department of Industrial and Biomedical Electronics, NTU "KHPI" together with KNPE of KRC "RMCCUN n. a. V. I. Shapoval" with the participation of State Institute "Institute of Nephrology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" is carrying out research aimed at improving patient safety the hemodialysis (HD) or hemodiafiltration (HDF) procedure. Especially prepared water ensures the safety and quality of the HD or HDF procedure. For the carrying-out, one HD session is necessary more than 150 liters of permeate. Poor quality permeates causes various complications, even can lead to fatal consequences. Therefore a constantly guaranteed qualitative permeate is an important component of safe HD or HDF.

**Key words:** hemodialysis, water treatment system, reverse osmosis, permeate, standards, of quality filtration.

**Conflict of interest statement:** the authors declare no competing interests.

© B. Tkachuk, V. Lisovyi, M. Kolesnyk, E. Sokol, R. Tomashevskiy,  
N. Kotulevych, L. Mykhailiuk, 2020.

Correspondence should be addressed to Bogdan Tkachuk: [bog.tkachuk@gmail.com](mailto:bog.tkachuk@gmail.com)



© Ткачук Б. В.,<sup>2</sup> Лісовий В. М., Колесник М. О., Сокол Е. І., Томашевський Р. С., Котулевич Н. Я., Михайлюк Л. В., 2020

УДК: 616.61-085.38-073.27: 628.16

Б. В. Ткачук<sup>1,2</sup>, В. М. Лісовий<sup>2</sup>, М. О. Колесник<sup>3</sup>, Е. І. Сокол<sup>1</sup>,  
Р. С. Томашевський<sup>1</sup>, Н. Я. Котулевич<sup>2</sup>, Л. В. Михайлюк<sup>2</sup>

## Оптимальний дизайн та забезпечення стабільного функціонування системи водоочищення для гемодіалізу/гемодіафільтрації

<sup>1</sup>Кафедра промислової та біомедичної електроніки, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків

<sup>2</sup>Комунальне некомерційне підприємство Харківської обласної ради «Обласний медичний клінічний центр урології та нефрології ім. В.І. Шаповала, Харків

<sup>3</sup>Державна установа «Інститут нефрології Національної академії медичних наук України», Київ

**Резюме.** З 2011 року на кафедрі «Промислова та біомедична електроніка» НТУ «ХПИ» спільно з КНП ХОР «ОМКЦУН ім. В.І. Шаповала» за участі ДУ «Інститут нефрології НАМН України» виконуються дослідження з підвищення безпеки лікування методами гемодіалізу (ГД) та гемодіафільтрації (ГДФ). Спеціально підготована якісна вода або пермеат є важливим фактором, який визначає належну безпеку лікування. Для виконання однієї сесії ГД витрачається більше 150 літрів пермеату. Неякісний пермеат може бути причиною різноманітних ускладнень і навіть летальних наслідків. Таким чином, постійно гарантований якісний пермеат є важливою складовою безпечної ГД, а тим більше ГДФ.

**Ключові слова:** гемодіаліз, гемодіафільтрація, система водоочищення, зворотний осмос, пермеат, стандарти якості, фільтрація.

### ВСТУП

Виробники обладнання для ГД/ГДФ як правило пропонують власні системи водоочищення, однак інколи користуються послугами інших компаній [1, 2]. Система водоочищення повинна продукувати пермеат, який відповідає рекомендаціям Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) [3], європейської фармакопеї (ph.Eur) [4] стандартів ISO 9000 European Directorate for Quality of Medicine (EDQM) [5].

Недотримання цих стандартів може бути причиною багатьох ускладнень і навіть фатальних наслідків. Таким чином, гарантоване забезпечення якісним пермеатом у кожному відділенні є важливою складовою безпечної ГД/ГДФ лікування.

**Мета роботи:** на основі аналізу існуючих стандартів, наукових публікацій та багаторічної практичної діяльності з розробки та експлуатації систем водоочищення для ГД/ГДФ, запропонувати рекомендації щодо їх дизайну проектування, вибору складових експлуатації для забезпечення стабільного отримання якісного пермеату.

#### 1. Дизайн системи приготування води для ГД/ГДФ

Перед визначенням необхідних складових системи водоочищення слід обрати відповідне примі-

щення для її монтажу. Оздоблювальні матеріали повинні бути пожегобезпечними та придатними для багаторазових дезінфекцій. Водопостачання, каналізація, електропостачання, вентиляція та міцність міжповерхового перекриття повинні відповідати вимогам ДБН та виробника системи водоочищення. Якість водопровідної води має відповідати ДСанПіН 2.2.4-171-10 [6].

Пермеат готується з водопровідної води за допомогою декількох послідовно з'єднаних елементів, які здатні усувати шкідливі речовини. Рекомендована схема побудови системи водоочищення наведена на рис. 1.

**1.1. Вхідний вузол.** Система водоочищення для ГД розпочинається після вхідних вентилів водопроводу. Монтаж слід виконувати ХПВХ трубами, оскільки у цих трубах найнижчий рівень росту бактерій. На їх внутрішній поверхні не формуються мінеральні відкладення, бактеріальна біоплівка. Діаметр труб, фітінгів та іншої арматури обирають залежно від номінальної продуктивності зворотного осмосу (за продуктивності менше 1250 л/год - діаметр 25 мм, якщо більше – 32 мм) [7]. Каналізація повинна монтуватись ПВХ трубами з максимально можливим діаметром. На ввіді зливної труби необхідно встановити водяний затвор для запобігання потрапляння каналізаційних газів до приміщення. Крім того, під'єднання кожної одиниці обладнання до дренажної труби має бути виконане з дотриманням п'яти сантиметрового повітряного розриву, для недопущення зворотної бактеріальної контамінації з каналізацією.

**Ткачук Богдан Володимирович**  
bog.tkachuk@gmail.com

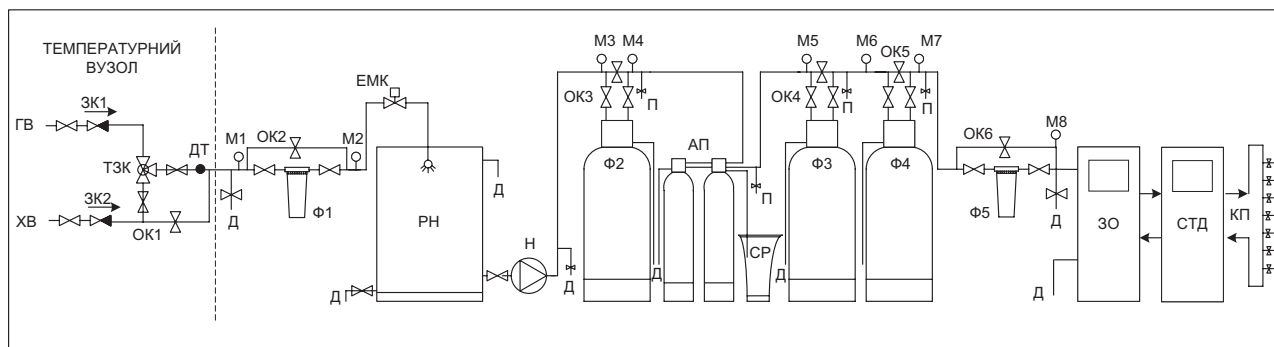


Рис. 1. Рекомендована схема побудови системи водоочиснення

Примітки: хв, гв – водогінна холодна та гаряча вода; ЗК1, ЗК2 – зворотні клапани; ТЗК – температурний змішувальний клапан; ДТ – датчик температури; ОК1-ОК6 – аварійні обхідні контури (байпаси); Д – з'єднання з дренажною магістраллю; М1-М8 – контрольні манометри; ЕМК – електромагнітний клапан; РН – резервуар накопичувач; Н – насоси з автоматикою; П – порти взяття проб; АП – автоматичний пом'якшувач; СР – сольовий резервуар; Ф1 – картриджний фільтр грубої очистки; Ф2 – автоматичний фільтр механічної очистки; Ф3, Ф4 – робочий та поліруючий автоматичні фільтри з активованим вугіллям; Ф5 – картриджний фільтр тонкого очищення; ЗО – апарат зворотного осмосу; СТД – система теплової дезінфекції; КП – контур пермеату з портами для підключення до ГД машин.

Відповідно до стандарту [8] на вході у систему повинен бути вмонтований зворотний клапан для захисту води у системі водопостачання від речовин, які використовуються для приготування пермеату. Необхідним є встановлення лічильника для визначення кількості води, яка проходить через систему водоочиснення та манометр для контролю тиску на вході.

У разі наявності у вхідній воді великої кількості механічних домішок (великих частинок піску, іржі, окалини та ін.) необхідне встановлення магістрального самопромивного фільтра (100-75 мкм), що зменшить навантаження на наступні ступені системи водопідготовки. Далі встановлюється магістральний картриджний фільтр грубої очистки з порами 50-20 мкм. Фільтр має бути обладнаний аварійним обхідним контуром (байпасом), для можливості заміни картриджів без припинення постачання води. Обов'язкове встановлення контрольних манометрів до і після фільтра для визначення стану забрудненості картриджу.

**1.2. Вузол накопичення вхідної води.** Призначений для створення резерву неочищеної води з автоматичним наповненням, індикацією рівня, захистом від переповнення та спустошення. Резервуар для накопичення води рекомендується обирати за наступними критеріями: об'єму накопиченої води повинно вистачати для виконання мінімум однієї зміни ГД. Резервуар(и) має бути виготовленим із придатних для зберігання питної води матеріалів, – неіржавіючої сталі або пластику, бути стійким до дезінфікуючих засобів. Відбір води насосом повинен здійснюватися на 20-40 см вище дна резервуару, яка повинна мати кран зливу у найнижчій точці. У найвищій точці резервуару слід забезпечити витік води у разі його переповнення у дренаж. Резервуар повинен мати технологічний отвір з кришкою (люком) діаметр якого повинен бути не менше 40 см.

Резервний бак слід обладнати індикатором рівня води та автоматичною системою контролю наповнення та захисту від переповнення. Бажано встановити сигналізацію низького рівня води у резервуарі або на лінії водопостачання для попередження персоналу про нестачу води.

У разі високого вмісту розчинних сполук заліза у вхідній воді (більше 1,5 мг/л), необхідне встановлення пристрою для пасивної аерації на магістралі перед накопичувальним баком.

**1.3. Насос подачі неочищеної води для попередньої фільтрації.** Насос обирається за наступними критеріями: 1) достатня продуктивність ( $Q_H$ , м<sup>3</sup>/год):

$$Q_H = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

де  $Q_1, Q_n$  – максимальне споживання води приладами 1, 2, ... n;

2) номінальний напір (м) – визначається згідно технічної документації до зворотного осмосу та інших елементів попередньої фільтрації.

Насос повинен бути обладнаний автоматичним реле тиску та захистом від "сухого ходу" – у разі потрапляння повітря у насос та критичного зниження рівня води у накопичувальному баку.

**1.4. Автоматичні фільтри механічного очищення води колонного типу.**

Механічні фільтри несуть головне навантаження з попереднього очищення води в системі зі зворотним осмосом.

Вода з вузла накопичення, насосом подається до фільтрів механічного очищення, які затримують частки розміром до 20 мкм. У разі забруднення фільтра проводиться його промивка зворотним потоком води. Очищення фільтруючого завантаження проводиться у недіалізний час в автоматичному режимі керуючим клапаном, оснащеним електронним контролером.

Тип, кількість та конфігурація фільтрів механічного очищення визначаються залежно від їх

фільтруючої здатності забрудненості води та потужності системи зворотного осмосу.

Відповідно до встановлених забруднювачів обираються відповідні фільтруючі засипки. На сьогоднішній день існує багато видів матеріалів для фільтрації: кварцевий пісок (фракція 0,4-0,8 мм) забезпечує очищення від частинок до 30 мкм; фракція 0,8-1,2 мм – до 50 мкм; фракція 2-4 мм (гравій) – до 100 мкм), цеоліт (для видалення заліза, амонію, іонів важких металів, радіонуклідів, органічних сполук, солей жорсткості, бактерій, вірусів та ін.), Filter AG здатен усувати частинки розміром 20-40 мкм, Virm видаляє розчинні сполуки заліза і марганцю та інші. Між фільтрами необхідно встановлення контрольних манометрів та портів для взяття зразків води на аналіз. Фільтр повинен бути обладнаний аварійним обхідним контуром (байпас), для можливості його обслуговування без порушення постачання води.

### 1.5. Автоматичний пом'якшувач.

У багатьох регіонах України (Тернопільська, Донецька, Луганська, Львівська, Харківська області і т.д.) водопровідна вода має високу жорсткість [9]. Висока концентрація  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  швидко призводить до зниження продуктивності мембрани зворотного осмосу і т.ч. кількості пермеату. Для усунення такого типу забруднення необхідне встановлення автоматичного пом'якшувача, який використовується якщо жорсткість водопровідної води перевищує  $1^\circ dH$  або 17,85 ppm, мг/л.

Його принцип дії полягає у обміні іонів кальцію і магнію на іони натрію. Обмін відбувається на іонообмінній смолі, що являє собою маленькі гранули полістирена, на яких знаходяться іони хлориду натрію. Гранули смоли притягують позитивно заряджені іони кальцію і магнію з «жорсткої» води та віддають іони натрію, у еквівалентній кількості, т.ч. пом'якшуючи воду. У разі виснаження смоли необхідна її регенерація насиченим розчином хлориду натрію, який утворюється при контакті води з таблетованою хімічно чистою сіллю. Якщо ГД відділення працює у декілька змін бажано мати автоматичний пом'якшувач дуплексного (або безперервного) типу, який складається з двох балонів з іонообмінною смолою. У такій системі, під час регенерації одного балону, інший працює.

Таблетована сіль для використання у системах водоочищення повинна відповідати наступним вимогам: бути хімічно чистою з вмістом натрію не менш 99.8%, мати щільність достатню для утримання форми до повного її розчинення. Використання неякісної, або солі типу «екстра» не допускається.

Для недопущення росту мікрофлори у товщі іонообмінної смоли перед фільтром з активованим вугіллям бажано встановлювати пом'якшувач. Після автоматичного пом'якшувача обов'язково монтується порт забору проб для визначення жорсткості води.

### 1.6. Фільтр з активованим вугіллям

Важливим етапом попередньої фільтрації є фільтр з активованим вугіллям. Особливо якщо рівень загального хлору водопровідної води вище 0.1 мг/л. Небезпека хлору, а саме хлорамінів полягає в тому, що при взаємодії з киснем вони руйнують мембрани еритроцитів тобто викликають гемоліз, який може поглиблювати анемію [10].

Управління з контролю за продуктами і ліками США (Food and Drug Administration, FDA) у системах попередньої фільтрації рекомендує використовувати два фільтри з активованим вугіллям (робочий та поліруючий) з'єднані послідовно, що дозволяє збільшити час експозиції та захистити пацієнтів від потрапляння хлору за зниження сорбційної спроможності першого (робочого) фільтру [11]. Кількість активованого вугілля у колонах повинна бути достатньою, щоб поглинати хлор протягом часу протікання води через нього. За рекомендаціями FDA, вода повинна контактувати з активованим вугіллям протягом 5 хвилин у кожній колоні. Час експозиції, відомий як Empty bed contact time (EBCT), обчислюють за допомогою формули

$$EBCT = V / Q,$$

де  $V$  – об'єм активованого вугілля ( $m^3$ ),  $Q$  – швидкість потоку води ( $m^3/год$ ).

У разі перевищення концентрації загального хлору в воді після вугільного фільтру/фільтрів більше 0,1 мг/л, його/їх слід замінити. Якщо рівень загального хлору у воді після двох колон з активованим вугіллям перевищує 0,1 мг/л, то така водопровідна вода непридатна для діалізу [5]. Для контролю рівня хлору у воді після кожної колони встановлюються порти для забору проб.

Під час проходження води у активованому вугіллі утворюються своєрідні тунелі, що зменшує його фільтруючі властивості. У зв'язку з цим необхідно встановити керуючі контролери фільтрів для виконання зворотного промивання, яке розпушуватиме вугілля та усувати його забруднення. Промивання виконується у міждіалізний період.

**1.7. Фільтр тонкої очистки.** Наступним вузлом системи попередньої водопідготовки є магистральний, картриджний фільтр тонкої очистки з порами 1 мкм. Фільтр також обладнується обхідним контуром, для можливості заміни картриджу без припинення постачання води до системи зворотного осмосу. Обов'язкове встановлення контрольних манометрів до і після фільтру для визначення рівня забрудненості картриджу.

**1.8. Система зворотного осмосу** містить одну або кілька напівпроникних мембран, використання яких дозволяє отримувати воду високого ступеня очищення, – пермеат.

Вона має бути сертифікованою щодо відповідності як виріб медичного призначення. Крім того, не допускається встановлення систем «побутового типу», які мають нижчу вартість, але якість

води після такого очищення недостатня і непридатна для приготування діалізату.

Система зворотного осмосу повинна бути обладнана індикаторами якості пермеату (за критерієм електропровідності), швидкості потоку і тиску, а також модулем захисту пацієнта у разі виникнення збоїв у роботі та своєчасного попередження про них персоналу.

Система зворотного осмосу за способом розподілення пермеату може бути прямою або з баком-накопичувачем. Згідно з останніми світовими та українськими стандартами встановлення баків-накопичувачів пермеату не рекомендується через загрозу виникнення мікробіологічного забруднення [12].

Загрозою є те, що за певних умов бактерії можуть приєднуватися до стінок труби і утворювати шар біоплівки, яка стає надійним сховищем для патогенних мікроорганізмів від впливу дезінфекційних засобів. Ця небезпека може бути мінімізована швидким рухом води через труби. Для зменшення можливості виникнення проблем рекомендована мінімальна швидкість потоку пермеату 0,9 м/с [13]. Бажано встановлення контрольного витратоміру та порту взяття проб на зворотному контурі пермеату після останньої точки використання. Швидкість потоку (м/с) розраховується за формулою

$$v = \frac{Q}{3600\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

де,  $Q$  – витрата води (м<sup>3</sup>/г),  $d$  – внутрішній діаметр трубопроводу (м).

Контур пермеату повинен виготовлятися з матеріалу, що має гігієнічні сертифікати, витримує хімічну обробку, вплив високої температури та запобігає утворенню біоплівки. Крім того, для підтримки режиму стерильності пермеату та ГД машин, рекомендується встановлення системи теплової дезінфекції (СТД). Така система економить дезінфектанти, працює в автоматичному режимі, цілковито безпечна та демонструє відмінні результати щодо запобігання мікробіологічній безпеці.

У разі високої електропровідності вхідної води більш ніж 600  $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ , для досягнення нормативної якості пермеату на виході системи, необхідно використовувати двоступеневу систему зворотного осмосу.

У США та інших країнах якість пермеату регламентується положеннями ААМІ [3], у Європі – стандартами (ph Eur) та ISO [4, 5]. В Україні співробітниками ДУ «Інститут нефрології НАМН України» створений протокол контролю хімічної та бактеріологічної безпеки води для гемодіалізу [11].

**Вузол температурного змішування.** Продуктивність роботи системи зворотного осмосу прямо пропорційна температурі вхідної води. Оптималь-

ною температурою для функціонування напівпроникної мембрани зворотного осмосу є 25 градусів за Цельсієм. Зниження температури води на 1°C призводить до зменшення об'єму продукції пермеату на 3%. Тобто, наприклад, зниження температури води до 10°C призведе до втрати 45% продуктивності системи зворотного осмосу [14]. Крім того, у разі зниження температури менше 15°C, зменшується ефективність хімічної дезінфекції та декальцинації мембран.

За таких обставин доцільно використання клапану температурного змішування (див. рис. 1.) Такі клапани широко використовуються на великих зворотноосмотичних системах у ГД відділеннях північних областей США та Канади, які користуються холодною вхідною водою.

Такий клапан точно змішує холодну та гарячу воду, забезпечуючи стабільну вихідну температуру пермеату та нівелює можливі перепади тиску.

У разі використання клапану температурного змішування обов'язкове встановлення датчика температури для попередження потрапляння води високої температури на мембрани та у контур ГД машин [15]. Якість гарячої води для змішування повинна відповідати вимогам до холодної питної води [6].

## 2. Рекомендації, щодо технічного обслуговування систем підготовки води для гемодіалізу

Важливою складовою для безперервної роботи відділень гемодіалізу є правильне і своєчасне технічне обслуговування всієї системи водоочищення. Воно полягає у постійному технічному нагляді, регламентних замінах, заборах аналізів, виконанні регулярних дезінфекцій, тощо. Також необхідним фактором є документування усіх процесів як функціонування системи, так і робіт виконаних технічним персоналом вручну або автоматично.

### 2.1. Контроль роботи системи

Для забезпечення безперебійної роботи обладнання, впевненості у безпечності проведення сесій гемодіалізу та подовження ресурсу мембран зворотного осмосу необхідно виконувати щоденний контроль рівня вільного та зв'язаного хлору, заліза та жорсткості у воді після попередньої фільтрації, а в разі потреби, і у вхідній воді перед початком ГД; у разі небезпеки виконувати експрес тести визначення вільного та зв'язаного хлору, перед кожною діалізою зміною; документувати показання контрольних манометрів в усіх ключових точках та покази індикатору зворотного осмосу; перевіряти відсутність витоків води з системи; перевіряти/поповнювати рівень солі у резервуарі; виконувати дослідження води згідно протоколу [11]; аналізувати занотовані дані у динаміці.

У разі встановлення відхилень доповіді безпосередньому керівнику для прийняття відповідних рішень.

## 2.2 Заміна картриджів фільтрів грубого або тонкого очищення

Заміну потрібно виконувати після 3 місяців використання (у разі встановлення забруднення картриджу, термін його використання повинен бути скорочений) або якщо різниця тиску до і після фільтру перевищує 1 бар.

## 2.3 Регламентні роботи

Для підтримки стабільної якості пермеату необхідно періодичне виконання хімічних промивок, декальцинацій і дезінфекцій мембран та контуру пермеату, згідно рекомендацій виробника системи зворотного осмосу [15].

У приміщенні, де змонтована система водоочищення необхідно виконувати поточні та генеральні прибирання, регулярно виконувати очищення резервуарів вхідної води.

**Висновок.** Дотримання вище поданих рекомендацій є важливою складовою безпечної ГД/ГДФ,

а відтак ефективного лікування пацієнтів з гострим пошкодженням нирок або хворих на ХХН ВД.

**Конфлікт інтересів:** автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Інформація про внесок кожного учасника.**

**Ткачук Б.В.:** ідея статті, формування цілісного тексту.

**Лісовий В.М.:** розкриття медичних питань.

**Колесник М.О.:** аналіз проблеми впливу пермеату на безпеку ГД/ГДФ.

**Сокол Е.І.:** обробка технічної літератури, нормоконтроль.

**Томашевський Р.С.:** збір даних, розкриття технічних питань.

**Котулевич Н.Я.:** розкриття медичних питань, оформлення тексту.

**Михайлюк Л.В.:** оформлення тексту роботи та підготовка до друку.

## Література (References):

1. Tekhnolohiia pidhotovky vody, khronichnyi hemodializ, produktsiia dlia dializu Fresenius Medical Care [Internet]. Available from: URL: <http://www.fresenius.com.ua/1981.htm>. [In Ukrainian].
2. Tekhnolohyy u oborudovanye ochystky vody dlia otdelenyi hemodialyza [Internet]. Available from: URL: <http://www.mediana-filter.ru/pdf/gemodializ.pdf>. [In Ukrainian].
3. Dialysate for hemodialysis. ANSI/AAMI RD52:2004/(R)2010, Association for the Advancement for Medical Instrumentation, Arlington (VA) [Internet].; 2009. 54 p. Available from: [https://webstore.ansi.org/standards/aami/ansiamird522004?gclid=CjwKCAiA-P7xBRAvEiwAow-VaVlvAWwWm8er4crQg-\\_nyC-trxUm-bpr3jM8rho4Dt8ucvPGuLPc-eBoCHLwQAvD\\_BwE](https://webstore.ansi.org/standards/aami/ansiamird522004?gclid=CjwKCAiA-P7xBRAvEiwAow-VaVlvAWwWm8er4crQg-_nyC-trxUm-bpr3jM8rho4Dt8ucvPGuLPc-eBoCHLwQAvD_BwE)
4. European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 9th Edition [Internet], 2018. 7072 p. <http://online6.edqm.eu/ep900/>
5. ISO 23500-3:2019 Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies – Part 3: Water for haemodialysis and related therapies [Internet]. Available from: URL: <https://www.iso.org/standard/67612.html>.
6. DSanPiN 2.2.4-171-10 Derzhavni sanitarni normy ta pravyla „Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu. MOZ Ukrainy. Nakaz vid 12.05.2010 r. № 400 [Internet]. Available from: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>. [In Ukrainian].
7. Shevelev F. A., Shevelev A. F. Tablicy dlja gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnyh trub : s prav. posobie. – 6-e izd., dop. i pererab [Internet]. – M.: Strojizdat, 1984. – 116 s. Available from: [https://www.petro-eng.ru/doc%20info/libr/tablica\\_cheveleva.pdf](https://www.petro-eng.ru/doc%20info/libr/tablica_cheveleva.pdf). [In Russian].
8. Protection against pollution of potable water in water installations and general requirements of devices to prevent pollution by backflow BS EN 1717:2000 [Internet]. Available from: URL: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?id=000000000030194313>.
9. Natsionalna dopovid pro yakist pytnoi vody ta stan pytneho vodopostachannia v Ukraini u 2009 rotsi. Ministerstvo z pytan zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. DP «NDKTI» MH [Internet]. Kyiv, 2010. 710 s. Available from: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=DOC%20FREP0000735.PDF](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC%20FREP0000735.PDF). [In Ukrainian].
10. Tipple MA, Shusterman N, Bland LA, et al. Illness in hemodialysis patients after exposure to chloramine contaminated dialysate. ASAIO Trans [Internet]. 1991;37:588-591. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1768494>.
11. Snisar L.M., Liksunova L.O. Protokol kontroliu khimichnoi ta bakteriologichnoi bezpeky vody dlia hemodialyza/hemodiafiltratsii. Ukrainskyi Zhurnal Nefrolohii ta Dialyza, 3(59) 2018, s.3-9. [https://doi.org/10.31450/ukrjnd.3\(59\).2018.01](https://doi.org/10.31450/ukrjnd.3(59).2018.01). [In Ukrainian].

12. Likuvannia khvorykh na khronichnu khvorobu nyrok V PD stadii. Adaptovana klinichna nastanova, zasnovana na dokazakh ta unifikovani klinichni protokoly / Derzh. ustanova "In-t nefrolohii Nats. akad. med. nauk Ukrainy", Derzh. ekspert. tsentr M-va okhorony zdorovia Ukrainy, Nats. nyrkovi fond Ukrainy; [uklad.: Kolesnyk M. O. ta in.]. – Kyiv : Polihraf plius, 2016. – 242 s. [In Ukrainian].
13. *Smeets E1, Kooman J, van der Sande F, Stobberingh E, and el.* Prevention of biofilm formation in dialysis water treatment systems. *Kidney Int.* 2003 Apr;63(4):1574-6. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2003.00888.x>
14. *Layman-Amato, R.L., Curtis, J., & Payne, G.M.* (2013). Water treatment for hemodialysis: An update. *Nephrology Nursing Journal* [Internet]. 40(5), 383-404, 465. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/ac2d/cd63787c135e5f683d965a60c4cd006ae566.pdf>
15. ISO 23500-2:2019 Preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies – Part 2: Water treatment equipment for haemodialysis applications and related therapies [Internet]. Available from: URL: <https://www.iso.org/standard/67611.html>.