

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КОЛІФАГІВ З ВІРУСНИМ ТА БАКТЕРІАЛЬНИМ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ В ВОДОМЕРЕЖІ МІСТА

Володимир Кобилянський<sup>1</sup>, Галина Благодарна<sup>2</sup>

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
17, вул. Маршала Бажанова, м. Харків, 61002

<sup>1</sup> канд.техн.наук, vodocentr@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6279-2136, h-index 3 (Google Scholar)

<sup>2</sup> канд.техн.наук, доцент, thankful@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1187-4737, h-index 5 (Google Scholar)

DOI: 10.32347/2524-0021.2018.30.23-30

**Анотація.** Водопровідна вода є одним з основних шляхів поширення небезпечних інфекційних захворювань. Неєфективні технології очищення води та аварійний стан міських водопровідних та каналізаційних мереж призводять до мікробіологічного забруднення водопровідної води, що є причиною масових спалахів гострих кишкових інфекцій серед населення. Для упередження таких ситуацій необхідно постійно моніторити мікробіологічну якість питної води за показниками, які дають адекватну оцінку ризику фекального забруднення води. Найбільш поширеним методом мікробіологічного контролю є дослідження якості води за індикаторними бактеріологічними показниками, основним серед яких є бактерії групи кишкової палички. Але наявні випадки виникнення спалахів інфекційних захворювань при відсутності у воді вказаних бактерій вимагають введення додаткових показників для контролю. В країнах ЄС в 2018 році введено такий показник якості питної води як соматичні коліфаги. Це вірус кишкової палички, який є однозначним індикатором фекального забруднення води. На сьогодні методи визначення коліфагів освоєні багатьма лабораторіями водоканалів і отримані результати вимірювань враховуються при оцінці мікробіологічної безпеки та якості води. Але досить високий процент нестандартних проб води за цим показником потребує подальших досліджень його значимості в практичній діяльності водоканалів. В роботі досліджено багаторічну динаміку мікробіологічних показників якості води (коліфаги, антиген вірусу гепатита А та бактерії групи кишкової палички) у хлорованій водопровідній воді з водомережі системи централізованого питного водопостачання міста. Встановлено відсутність взаємозв'язку показника коліфаги з антигеном вірусу гепатита А та з бактеріями групи кишкової палички.

**Ключові слова:** соматичні коліфаги; антиген вірусу гепатиту А; бактерії групи кишкової палички; водопровідна вода; хлорування води.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В жовтні 2018 року Європарламент після багаторічних обговорень все ж таки вніс суттєві зміни до Директиви 98/83 щодо якості питної води. Ключова увага була приділена посиленню мікробіологічного контролю якості води. Зокрема, було введено такий індикаторний показник як соматичні коліфаги.

Коліфаги – це бактеріальні віруси, які

складаються з геному (одно- або дуниткова ДНК), розміщеного в захисному білковому капсиді.

Санітарно-показовими вірусами визначені постійно наявні у кишківнику людини соматичні коліфаги, які беруть важливу участь в життєво важливих процесах регуляції мікрофлори людини.

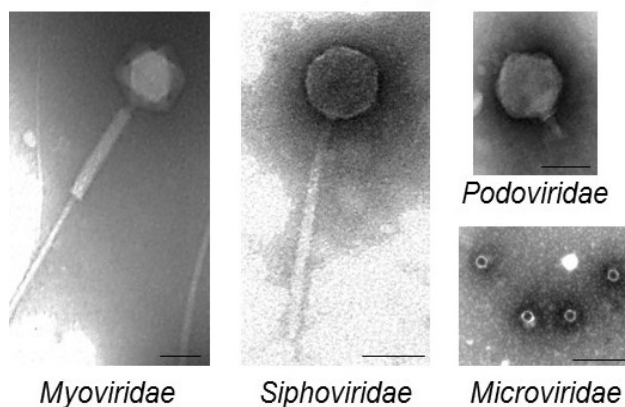
Відомо, що у новонароджених відмічається поява коліфагів у кишківнику уже в перші дні життя, причому у немо-

влять, що отримують материнське молоко, колифаги з'являються раніше, ніж у дітей на штучному годуванні [1].

Дані, отримані культуральними методами, свідчать, що велика частина колифагів, що виділяються від здорових людей, належить до різних груп помірних фагів. У той же час вміст вірулентних колифагів був різко збільшений у пацієнтів з різними захворюваннями. Аналіз вірусного метагенома також дозволяє припустити переважання в кишківнику людини помірних фагів [2].

Високий вміст помірних фагів мабуть сприяє функціонуванню фагової спільноти кишківника людини в якості резервуара бактеріальних адаптаційних генів, в тому числі генів стійкості до антибіотиків [3].

Соматичні колифаги – це гетерогенна група бактеріофагів, яка заражає *Escherichia coli* через клітинну стінку (рис. 1 [4]). Найбільш відомі соматичні колифаги, рекомендовані в стандартизованих методах, належать до сімейств *Myoviridae*, *Siphoviridae*, *Podoviridae* та *Microviridae*.



**Рис.1.** Морфологічні типи соматичних колифагів [4] (довжина відрізка в нижньому правому куті фото 50 нм)

**Fig.1.** Morphological types of somatic cellophages [4] (length of the segment in the lower right corner of the photo is 50 nm)

Взаємодія фага з бактеріальною клітиною проходить в 5 стадій – адсорбція, проникнення, біосинтез фагової ДНК і білків капсида, морфогенез фага і вихід

фагових частинок з бактеріальної клітини. Бактеріофаг вводить вірусну ДНК (вДНК) в цитоплазму бактеріальної клітини. Клітинні РНК-полімерази транскрибують ДНК в мРНК, що транспіруються на рибосомах. В результаті цього здійснюється синтез вірусної полімерази і інших раних вірусних білків. Вірусна полімераза бере участь в утворенні вДНК дочірніх популяцій. Частина вДНК використовується як матриця для синтезу білків головок і хвостів. Після приєднання вДНК останні утворюють дочірню популяцію фагів [2].

Коліфаги з фекальними виділеннями потрапляють у навколишнє водне середовище, а звідти – у питну воду.

Виявлення у воді кишкових бактеріофагів може свідчити про наявність патогенних вірусів. Наявність їх у воді з резервуару чистої води вказує на недосконалість технології водопідготовки, а у воді з мережі водопостачання також може свідчити про можливість вторинного бактеріологічного забруднення.

Введення показника колифаги в Директиву 98/83 якраз і має на меті посилення контролю фекального бактеріологічного забруднення питної води. Стосовно збудників вірусних інфекцій, значення колифагів не є однозначним.

## МЕТА І МЕТОДИ

Мета роботи – визначення значимості показника колифаги для контролю бактеріологічного та вірусного забруднення хлорованої водопровідної води.

Вимірювання проводились за методиками, дозволеними до використання лабораторіями водоканалів [5, 6].

Для визначення колифагів використовується методика, в основі якої лежить метод Грація – досліджувану воду вносять в розплавлене поживне середовище, що містить індикаторний штаб кишкової палички. При наявності фага відбувається лізис індикаторної культури на живильному середовищі, що візуально виглядає як відсутність росту на тлі суцільного газону індикаторного штаму [7].

Принцип методу. Підігріваємо на водній бані до кімнатної температури 1 л досліджуваної води і додаємо хлористий магній і вторинний фосфат калію. Після підгонки значення рН до 8,9- 9,0 утворюються пластівці, на які адсорбуються присутні фаги. Після осадження пластівців, надосадову рідину обережно зливають. Осад згущують шляхом центрифугування, додають поживний бульйон і гомогенізують. Після цього вміст фагів визначають агар-шаровим способом по Грацію. Для цього в чашки Петрі вносять рідкий агар, що містить гомогенат і 18 годинну культуру бактерії *E.coli* В і культивують при 37 °С 18-24 години. При наявності коліфагів в бактеріальних газонах видно зони просвітління - лізису. Їх називають бляшкоутворюючими одиницями (БУО). Їх сумарне число свідчить про кількість фагів в пробі води.

Для оцінки бактеріологічного забруднення водопровідної води згідно ГОСТ 2874-73 визначалася група бактерій БГКП (бактерії групи кишкової палички) - грамнегативні палички, які не утворюють спор, ферментують лактозу чи глюкозу до кислоти та газу при 37 °С за 24 год. та не проявляють оксидазну активність.

До БГКП відносяться представники різних родів: *Escherichie*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* тощо. Найбільш санітарно-показне значення мають бактерії роду *Escherichia*, присутність яких є свідченням свіжого фекального забруднення. Для визначення *Escherichia coli* використовуються ознаки ферментації лактози, негативний цитратний тест та індолотворення.

Збудник гепатиту А представлений одним антигенним типом та містить головний Аг (НА-Аг), за яким його ідентифікують. Маркери реплікації вірусу – АТ ( IgM и IgG) до Аг вірусу гепатита А і вірусна РНК. Ці маркери визначають методом імуно-ферментного аналізу (ІФА).

Сутність ІФА полягає в специфічній взаємодії антитіла і антигена з подаль-

шим приєднанням до отриманого комплексу кон'югата (антивидового імуноглобуліну, міченого ферментом). Фермент викликає розкладання хромогенного субстрату з утворенням забарвленого продукту, який виявляється фотометрично при довжині хвилі 450 нм. Кількість забарвленого продукту прямо пропорційна кількості комплексу антиген / антитіло, тобто інтенсивність кольорової реакції корелює з наявністю антигену ВГА в пробі води.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Всього було досліджено 7110 проб водопровідної води на коліфаги, 66106 – на БГКП та 3932 – на антиген вірусу гепатиту А (ВГА).

Вода в системі централізованого водопостачання незаражується рідким хлором. При цьому концентрація залишкового вільного хлору утримується на рівні не менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, що дозволяє утримувати якість води у водомережі за бактеріальними показниками.

Відомо, що більше 100 видів патогенних вірусів людини можуть бути присутніми у фекально-забруднених вододжерелах, але наявними традиційними способами можливо виявити не більше 50-60% з них [8]. Тому важливо встановити індикаторний показник вірусного забруднення води, в якості якого здебільшого рекомендується показник коліфаги.

В роботі [9] ми дослідили взаємозв'язок коліфагів з антигеном ВГА.

Середньомісячні результати визначення нестандартних проб за коліфагами та антигеном ВГА показані на рис.2 [9].

З рис.2 видно значне перевищення кількості нестандартних проб води за показником коліфаги у порівнянні з антигеном ВГА: по коліфагам – 19,36%, а по антигену ВГА – 0,45%.

В роботі [10] зроблено припущення, що значимість коліфагів для оцінки вірусного забруднення води зростає при збільшенні відсотка нестандартних проб. Але права частина графіка вказує, що рі-

зке зростання нестандартних проб за коліфагами понад 50% не супроводжується відповідним зростанням для антигену ВГА.

У зв'язку з цим, враховуючи, що ми досліджуємо хлоровану воду, необхідно звернути увагу на стійкість коліфагів та вірусу гепатиту А до хлору.

Згідно даних роботи [11], ВГА повністю втрачає свою інвазійну здатність при концентрації хлору 2,0...2,5 мг/л. В той же час для інактивації коліфагів необхідна концентрація вільного хлору значно вища – 9,0...10,0 мг/л [12].

Зазвичай водоканали не використовують для обробки води концентрації хлору вище 4...5 мг/л, тобто вірогідність проскоку коліфагів з вододжерела через бар'єри системи водопідготовки у водопровідну воду є дуже високою. Це підтверджується результатами дослідження на кількох водоканалах, викладеними в роботі [8].

ями хлору, необхідними для повної інактивації коліфагів, які не є патогенними для людини, недоцільно, оскільки це призведе до економічних втрат та до надмірного утворення небезпечних вторинних продуктів хлорування води.

Таким чином, на нашу думку, показник коліфаги не є інформативним для оцінки патогенного для людини вірусного забруднення водопровідної води. Більш того, орієнтуючись на нього, водоканали не виправдано завищують витрати хлору на знезараження водопровідної води.

Відмітимо, що це відповідає висновкам Агентства з охорони навколишнього середовища США, яке дослідивши проблему якості води у водопровідній мережі, заключило, що немає підстав для використання коліфагів в якості індикатора вірусного забруднення води [13].

В роботі [9] нами було показано, що для індикаторної оцінки вірусного за-

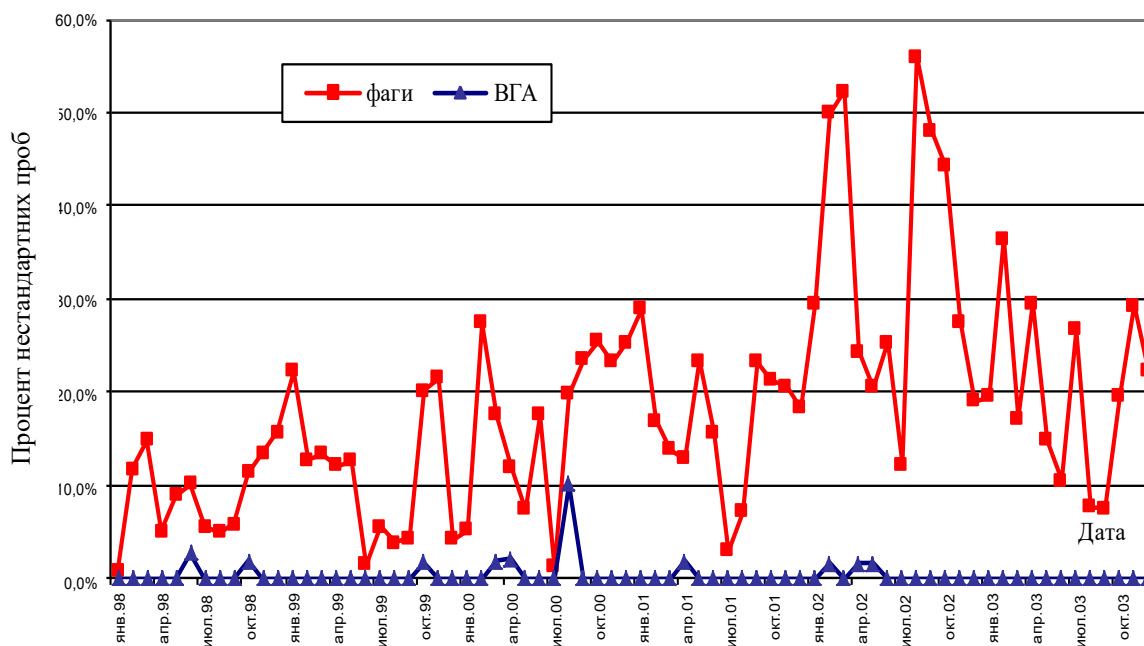


Рис.2. Середньомісячні результати визначення нестандартних проб за коліфагами та антигеном ВГА.

Fig. 2. Average monthly results of non-standard samples for coliphages and VG antigen.

Це означає, що у водопровідній воді можлива наявність коліфагів, якщо вони є у вихідній воді. Проводити знезараження водопровідної води концентрації-

бруднення води можливо є більш доцільним використання динаміки зміни показника коліфаги.

Для цього було введено показник

швидкості зміни відсотка нестандартних проб  $V_n$ , який розраховувався за формулою:

$$V_n = (a_n - a_{n-1}) / a_{n-1}, \quad (1)$$

де  $a_n$  и  $a_{n-1}$  – відповідно поточне та попереднє значення відсотка нестандартних проб за колифагами.

Було показано, що деякі пікові значення за антигеном ВГА супроводжувалися відповідними піковими значеннями величини  $V_n$ . Можливо це пов'язано з певною інерційністю технології знезараження води, яка призводить до того, що при стрімкому погіршенні мікробіологічної якості вихідної води відбувається проскок колифагів через споруди водопідготовки в водопровідну воду разом з ентеровірусами.

Із-за відсутності практично значимого взаємозв'язку між показниками колифаги та антигену ВГА, особливий інтерес представляє взаємозв'язок між колифагами та БГКП.

В роботі [14] на підставі дослідження 400 зразків водопровідної води з водомережі зі значною кількістю поривів та пошкоджень, в яких не було виявлено

Для аналізу взаємодії показників колифаги та БГКП [15] вони були згруповані в середньомісячні показники, які для вирівнювання об'ємів вибірки були приведені до нормованого відхилення  $t$  за формулою:

$$t = \frac{(x_i - \bar{x})}{s_x}, \quad (2)$$

де  $x_i$  – поточне значення показника;  $\bar{x}$  – середнє арифметичне значення показника;  $s_x$  – середнє квадратичне відхилення показника.

Графіки нормованих відхилень для колифав та БГКП представлені на рис.3.

Для оцінки кореляції показників колифаги та БГКП було розраховано коефіцієнт кореляції  $r$  за формулою:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}{s_x s_y}, \quad (3)$$

де  $x_i, y_i$  – поточні значення показників;  $\bar{x}, \bar{y}$  – середньоарифметичні показники;  $s_x, s_y$  – середньоквадратичні відхилення показників;  $n$  – об'єм вибірки.

Коефіцієнт кореляції колифав та

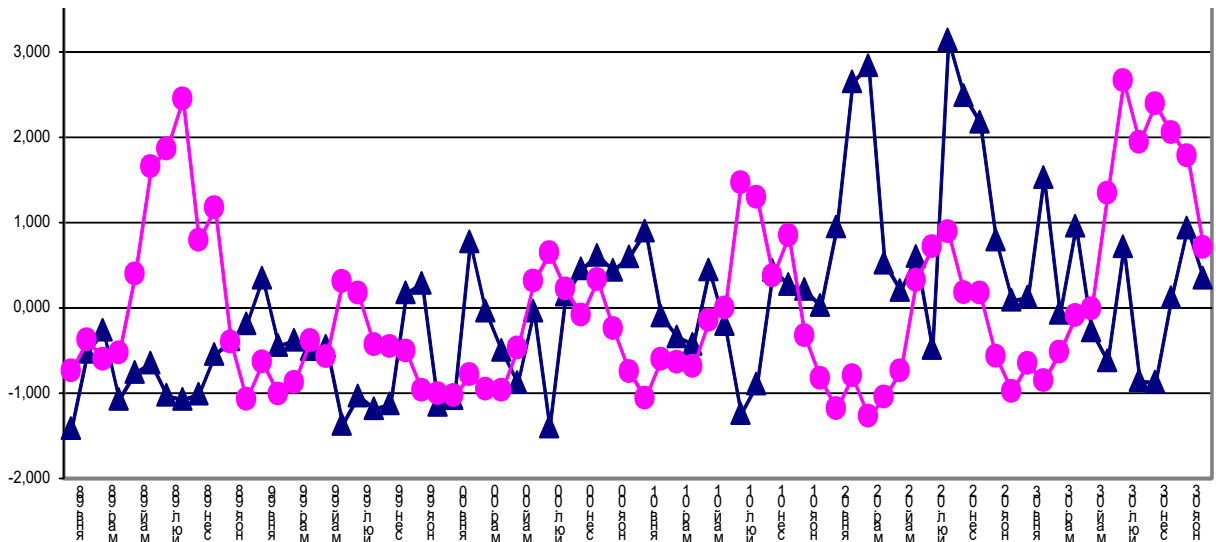


Рис. 3 – Показники нормованого відхилення по колифав (Δ) та БГКП (○).

Fig. 3 – Indicators of normalized deviation on the coliphages (Δ) and total coliform (○).

колифав, було зроблено висновок про неможливість використання показника колифаги для оцінки стану водомережі навіть при їх фекальному забрудненні.

БГКП в період з лютого до вересня за всі роки спостереження склав  $-0,672$ . Тобто, спостерігається зворотня залежність цих показників.

Якщо врахувати, що природним резервуаром колифагів є кишкова паличка [16], така зворотня залежність може свідчити про інтенсивне забруднення води колифагами при лізисі кишкової палички або в водному об'єкті, або при знезараженні води на очисних спорудах. Більш висока життєздатність колифагів у навколишньому середовищі [17] та більш висока стійкість колифагів до хлору у порівнянні з БГКП [18, 19] призводить до масового проросту колифагів у водомережу.

Таким чином, колифаги можуть розглядатися лише як доповнюючий індикатор до традиційних індикаторних бактеріальних показників фекального забруднення [20].

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Водопровідна вода характеризується значним відсотком нестандартних проб за показником колифаги.

2. Не встановлено достовірного взаємозв'язку між вмістом колифагів та антигену вірусу гепатиту А.

3. Для оцінки вірусного забруднення водопровідної води рекомендується показник нормованої швидкості зміни відсотка нестандартних проб за колифагами.

4. Для водопровідної хлорованої води встановлено зворотню залежність колифагів та бактерій групи БГКП.

5. Колифаги можуть виступати лише доповнючим до показника БГКП індикатором фекального забруднення водопровідної води.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Бегадилова Т. С.** Появление колифагов у доношенных и недоношенных новорожденных детей в зависимости от вида вскармливания [Електронний ресурс] / Т.С. Бегадилова, Б.А. Рамазанова, А.Л. Бисекенова, К.К. Мустафина, А.М. Бармакова, Ш.Ш. Урумбаева, А.А. Садирова // *Режим доступу*: [http://www.rusnauka.com/28\\_OINXXI\\_2010/Medecine/72639.doc.htm](http://www.rusnauka.com/28_OINXXI_2010/Medecine/72639.doc.htm).
2. **Чистович Г.Н.** Бактериофаги, действующие на кишечные бактерии // *Санитарная*

*микробиология*. М.: Медицина, 1970. 356 с.

3. **Jeong H., Barbe V., Lee C.H. [et al.]** Genome sequences of Escherichia coli B strains REL606 and BL21(DE3) // *J. Mol. Biol.* 2009. P. 644-652.

4. **Jofre J., Lucena F., Blanch A.R. and Muniesa M.** Coliphages as Model Organisms in the Characterization and Management of Water Resources // *Water*. 2016, 8, 199 p.

5. **Методические** рекомендации по санитарно-вирусологическому контролю объектов окружающей среды. М., 1982.

6. **Методические** рекомендации по изучению водного фактора в заболеваемости населения вирусным гепатитом А № 28-6/17. М., 1986.

7. **Унифицированные** методы исследования качества вод. Ч. IV Микробиологические методы, изд.4. М., 1985. 269 с.

8. **Okeyo A., Coetzee M., Momba M.N. B.** Use of coliphages to evaluate water treatment processes and determine faecal contamination origin of source waters // *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2013. V.10. P.1225-1234.

9. **Максимова Е.Э., Колотило В.Д., Кобылянский В.Я., Стародубов А.Г., Ковревская М.М.** О значении колифагов в оценке загрязнения воды вирусом гепатита А // *Научный вестник строительства*, вып. 28. 2004. С. 72-77.

10. **Рахманин Ю.А., Недачин А.Е., Доскина Т.В., Корнилова Н.М., Дмитриева Р.А., Шарлот Ю.М.** Индикаторная значимость колифагов в отношении загрязнения питьевой воды кишечными вирусами // *Гигиена и санитария*. 1990. № 6. С.21-23.

11. **Peterson D. A., Hurley T. R., Hoff J. C. [et al.]** Effect of chlorine treatment on infectivity of hepatitis A virus // *Applied and Environmental Microbiology*. 1983. V.45, N.1. P. 223 – 227.

12. **Hajenian H. G., Butler M.** Inactivation of viruses in municipal effluent by chlorine // *J. Hyg., Camb.* 1980. V. 84. P.63-69.

13. **Odom R., Rotert K.** Distribution System Indicators of Drinking Water Quality // EPA US. 2006. <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/tcr/index.html>.

14. **LeChevallier, Karim M.W.M.R., Weihe J., Rosen J.S., and Sobrinho J.** Coliphage as a potential indicator of distribution system integrity // *JAWWA*. 2006. vol. 98 (7). P.87-96.

15. **Максимова Е.Э., Колотило В.Д., Кобылянский В.Я., Стародубов А.Г.** Особенности сезонной динамики колифагов в пить-



ево́й воде // *Коммунальное хозяйство городов*, вып. 55. К.: Техніка, 2004. С.19-28.

16. **Allen J., Dickerson J. and Gooch-Moore J.** Evaluating the Potential for Somatic Coliphage Replication in Environmental Waters. URL: <https://www.musc.edu/mbes-ljg/MBESOpenHouse/sroh2009/abstracts/Allen.pdf>

17. **Jebri S., Muniesa M. and Jofre J.** General and host-associated bacteriophage indicators of faecal pollution. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros, (eds) *Global Water Pathogen Project*.

<http://www.waterpathogens.org> (A.Farnleitner, and A. Blanch (eds) Part 2 Indicators and Microbial Source Tracking Markers) <http://www.waterpathogens.org/book/coliphage> Michigan State University, E. Lansing, MI, *UNESCO*. – 2017.

18. **Костюченко С.В., Волков С.В., Якименко А.В., Мазаев В.Т., Шишов С. Ю.** Обеззараживание при подготовке воды из поверхностных источников. Ел.рес.: <http://www.waterland.ru/sfwp-oppvipi>.

19. **Review of Coliphages as Possible Indicators of Fecal Contamination for Ambient Water Quality** URL: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/review\\_of\\_coliphages\\_as\\_possible\\_indicators\\_of\\_fecal\\_contamination\\_for\\_ambient\\_water\\_quality.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/review_of_coliphages_as_possible_indicators_of_fecal_contamination_for_ambient_water_quality.pdf)

20. **Salter R.** Testing Drinking Water for Coliphage as a Fecal Quality Indicator: Advances in Rapid Coliphage Detection. – 09/8/2012 URL: <https://www.charm.com/wp-content/uploads/2018/06/MRK-108.pdf>.

## REFERENCES

1. **Begadilova, T.S., Ramazanova, B.A., Bisekenov, A.L., Mustafin K.K., Barmakova, AM, Urumbaeva, S.Sh. & Sadyrova, A.A. (2010).** Poyvlenie kolifagov u donoshenih i nedonoshenih novorogdennih detey v zavisimosti ot vida vskarmlivaniy [The appearance of colophagus in premature and premature newborn infants depending on the type of feeding]. Retrieved from [http://www.rusnauka.com/28\\_OINXXI\\_2010/Medecine/72639.doc.htm](http://www.rusnauka.com/28_OINXXI_2010/Medecine/72639.doc.htm) [in Russian].

2. **Chistovich, Г.Н. (1970).** Bakteriofahi, deystvuyushchie na kishhechnye bakterii [Bacteriophages acting on intestinal bacteria]. Sanitarnay mikrobiologiy. *Sanitary microbiology*. 356. [in Russian].

3. **Jeong, H., Barbe, V., Lee, C.H. [et al.] (2009).** Genome sequences of *Escherichia coli*

B strains REL606 and BL21(DE3). *J. Mol. Biol.*, 644-652.

doi:10.1016/j.jmb.2009.09.052

4. **Jofre, J., Lucena, F., Blanch, A.R. and Muniesa, M. (2016).** Coliphages as Model Organisms in the Characterization and Management of Water Resources. *Water*. 8. 199. doi:10.3390/w8050199

5. **Metodicheskie rekomendazii po sanitarno-virusologicheskomu kontrolyu obyektov okrugayushchey sredy [Guidelines for the sanitary-virological control of environmental objects]. (1982).** *Moscow*. 75. [in Russian].

6. **Metodicheskie rekomendazii po izucheniyu vodnogo faktora v zaboлеваemosti naseleniya virusnim gepatitom A. [Guidelines for the study of water factor in the incidence of the population of viral hepatitis A]. (1986).** (28-6/17). *Moscow*. [in Russian].

7. **Unifizirovannye metody issledovaniya kachestva vod. Ch. IV Mikrobiologicheskie metody. [Unified methods for the study of water quality. Part IV. Microbiological methods]. (1985).** Ed. 4. *Moscow*. 269. [in Russian].

8. **Okeyo, A., Coetzee, M., Momba, M. N. B. (2013).** Use of coliphages to evaluate water treatment processes and determine faecal contamination origin of source waters *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 10. 1225–1234. doi:10.1007/s13762-013-0289-x

9. **Maksimova, E.E., Kolotilo, V.D., Kobylansky, V.Ya. Starodubov A.G., Kovrevskaya, M.M. (2004).** O znachenii kolifagov v ozenke zagryazneniya vody virusom gepatita A [On the value of coliphages in the assessment of water pollution by the hepatitis A virus]. *Naukoviy visnyk budivnytva – Science Bulletin of Budynitsa*. 28. 72-77. [in Ukrainian].

10. **Rakhmanin, Yu.A., Nedachin, A.E., Doskina, T.V., Kornilova, N.M., Dmitrieva, R.A., Sharlot, Yu.M. (1990).** Indikatornaya znachimost kolifagov v otnoshenii zagryazneniya pityevoy vody kishhechnymi virusami [Indicator significance of coliphages with respect to contamination of drinking water with intestinal viruses]. *Higiiena i sanitariya – Hygiene and Sanitation*. 6. 21-23.

11. **Peterson, D. A., Hurley, T. R., Hoff, J. C. [et al.] (1983).** Effect of chlorine treatment on infectivity of hepatitis A virus. *Applied and Environmental Microbiology*. 45(1). 223–227.

12. **Hajenian, H. G., Butler, M. (1980).** Inactivation of viruses in municipal effluent by chlorine. *J. Hyg., Camb.* 84. 63-69.

doi:10.1017/s0022172400026528

13. **Odom, R., Rotert, K. (2006).** Distribution System Indicators of Drinking Water Quality. *EPA US. Retrieved from*

<http://www.epa.gov/safewater/disinfection/tcr/index.html>.

14. **Lechevallier, M. W., Karim, M.W.M.R., Weihe, J., Rosen, J.S., and Sobrinho, J. (2006).** Coliphage as a potential indicator I of distribution system integrity. *JAWWA*, 98(7). 87-96.

doi:10.1002/j.1551-8833.2006.tb07713.x.

15. **Maksimova, E.E., Kolotilo, V.D., Kobylansky, V.Ya. Starodubov A.G. (2004).** Osobennosti sezonnoy dinamiki kolifagov v pityevoy vode. [Features of seasonal dynamics of coliphages in drinking water]. *Resp.megved.nauch.–tehn.zb. "Kommunalne hozyaystvo gorodov" – Resp. Intermediated scientific and technical ss. "Utilities of cities"*, 55. (19-28). [in Ukrainian].

16. **Allen, J., Dickerson, J. and Gooch-Moore J. (2009).** Evaluating the Potential for Somatic Coliphage Replication in Environmental Waters. *Retrieved from*

<https://www.musc.edu/mbes-ljg/MBESOpenHouse/sroh2009/abstracts/Allen.pdf>.

17. **Jebri S., Muniesa M. and Jofre J. (2017).** General and host-associated bacteriophage indicators of faecal pollution. *Global Water Pathogen Project.*

doi:10.14321/waterpathogens.7

18. **Kostyuchenko, S.V., Volkov, S.V., Yakimenko, A.V., Mazaev, V.T., Shishov, S. Yu.** Obbezzaragivanie pri podgotovke vody iz poverhnostnyh istochnikov. Disinfection during preparation of water from surface sources *Retrieved from* <http://www.waterland.ru/sfwp-oppvpi>.

19. **Review of Coliphages as Possible Indicators of Fecal Contamination for Ambient Water Quality. Retrieved from**

[https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/review\\_of\\_coliphages\\_as\\_possible\\_indicators\\_of\\_fecal\\_contamination\\_for\\_ambient\\_water\\_quality.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/review_of_coliphages_as_possible_indicators_of_fecal_contamination_for_ambient_water_quality.pdf).

20. **Salter, R. (09/8/2012).** Testing Drinking Water for Coliphage as a Fecal Quality Indicator: Advances in Rapid Coliphage Detection. *Retrieved from*

<https://www.charm.com/wp-content/uploads/2018/06/MRK-108.pdf>.

## The study on the relationships between coliphages and viral and bacterial contamination of drinking water in the city's water distribution system

*Volodymyr Kobylanskyi, Galina Blagodarna*

**Abstract.** Water supply is one of the main ways of spreading dangerous infectious diseases. Inefficient technologies of water treatment and the emergency condition of urban water supply and sewage networks lead to microbiological contamination of tap water causing of massive outbreaks of acute intestinal infections in the population. To prevent such situations continuously monitor the microbiological quality of drinking water using indicators of water faecal contamination is necessary. Total coliform is the most common method of microbiological control water quality. The outbreaks of infectious diseases in the absence total coliform in water are required the additional indicators for monitoring. In the EU countries, in 2018, the somatic coliphage was introduced as indicator of drinking water quality. This virus of E.coli is a clear indicator of faecal water contamination. The water supply laboratories are using the methods of determining the coliphages now. The results of measurements are taken to the assessment of microbiological safety and water quality. But the high percentage of non-standard water samples for this indicator requires further research into its significance in the practical operation of water utilities. The long-term dynamics of microbiological indicators of water quality (coliphages, hepatitis A virus antigen and total coliform) in chlorinated tap water from the city's water supply system is investigated in the article. The absence of the correlation of the coliphages with the hepatitis A virus antigen and the total coliform is established.

**Key words:** somatic coliphage; hepatitis A virus antigen; total coliform bacteria; drink water; chlorinated water.

*Стаття надійшла до редакції 8.12.2018*