

- s. 75–79.
2. Dunaevska Yu. Vplyv ZMI na formuvannia zdorovogo sposobu zhittia studentskoi molodl. / Yu.Dunaevska // Naukovo-teoretychna konferentsia vykladachiv, aspirantiv, spivrobotnykiv ta studentiv kafedry fizychnogo vyhovannia i sportu: tezy dopovidei. — 2012. — s. 1-5. — URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/30614/1/Dynaevska.pdf>
  3. Petrukhno Yu.E. Informatsiine suspilstvo: poniattia, osnovni skladovi, kharakteristika / Yu.E. Petrukhno // Visnik Odeskogo natsionalnogo universitetu. Ser.: Bibliotekoznavstvo, bibliografoznnavstvo, knigoznnavstvo. — 2014. — T. 19. — # 1. — s. 127-133. — URL: <http://vislib.onu.edu.ua/article/view/34123/30753>
  4. Syvak O.V. Gromadske zdorovia: yak yogo reformuvaty / O.V. Syvak // Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. — 2016. — URL: <http://moz.gov.ua/article/news/scho-take-gromadske-zdorovja>
  5. Syirtsova L.E. Gramotnost v voprosah zdorovya: sodержanie ponyatiya / L.E. Syirtsova, Yu.E. Abrosimova, M.V. Lopatina // Profilakticheskaya meditsina — 2016. — T. 19. — #. 2. — s. 58-63. — URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/profilakticheskaya-meditsina/2016/2/downloads/ru/102305-49482015029>
  6. Yurchyshyn Yu. Formuvannia zdorovogo sposobu zhittia studentskoi molodi zasobamy reklamy / Yu. Yurchyshyn // Moloda sportyvna nauka Ukrainy. — 2008. — T. 4. — s. 250-254. — <http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/2898/1/08yyvlba.pdf>
  7. Kickbusch I. Sanitary literacy. Convincing facts / Ilona Kickbusch, Jьrgen M. Pelikan, Franklin Apfel, Agis D. Tsouros // Regional Office for Europe of the World Health Organization. — 2014. — vii + p. 91. — URL: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/254377/Health\\_Literacy\\_RU\\_web.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/254377/Health_Literacy_RU_web.pdf)
- Впервые поступила в редакцию 25.02.2018 г.  
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования*

УДК 614.777: 504.064.3 (282.247.32)

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1314745>

**РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ДНІПРОВСЬКОЇ ВОДИ  
ЩОДО ОРГАНІЧНИХ ТА БІОГЕННИХ РЕЧОВИН  
(ДЕЯКІ ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ)**

*Антомонов М.Ю., Зорина О.В.*

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДНЕПРОВСКОЙ  
ВОДЫ ПО ОРГАНИЧЕСКИМ И БИОГЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ  
(НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)**

*Антомонов М.Ю., Зорина О.В.*

**THE RESULTS OF MONITORING OF WATER QUALITY IN DNIPRO  
RIVER (SOME ECOLOGICAL AND HYGIENIC ASPECTS)**

*Antomonov M., Zorina O.*

*ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзеєва НАМНУ»  
SI "A.N.Marzeiev Institute for Public Health" NAMSU  
[antomonov@gmail.com](mailto:antomonov@gmail.com), [wateramnu@ukr.net](mailto:wateramnu@ukr.net)*

### Резюме (Summary)

Встановлено, що в цілому якість води річки Дніпро за вмістом ХСК, кольоровості, амонію та фосфору у воді із 12 пунктів відбору проб, що були розташовані від верхньої до нижньої частини річки, відповідала 2-3 класу згідно з ДСТУ 4808: 2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» та характеризувалася підвищеним вмістом органічних речовин. У порівнянні з даними 1994-1998 рр. середній вміст ХСК у 2015-2017 рр. майже не змінився ( $27,66 \pm 0,203$ ) та перевищував гігієнічний норматив для джерел питного водопостачання (15,0 мг/л) майже у 2 рази. Максимальний середній вміст ХСК виявлено у воді із пунктів 5 та 6 Кременчуцького ( $35,299 \pm 0,620$  мг/л) та Кам'янського ( $35,004 \pm 0,406$  мг/л) водосховищ відповідно. Середній вміст фосфат-іону у воді р. Дніпро відповідав 3 класу за ДСТУ 4808: 2007 та задовільній якості ( $0,332 \pm 0,014$  мг/л). Найбруднішу воду за вмістом фосфору виявлено у воді із пунктів 2 ( $0,549 \pm 0,038$  мг/л) Канівського, 3 ( $0,507 \pm 0,033$  мг/л) та 4 ( $0,439 \pm 0,049$  мг/л) Кременчуцького водосховищ. Одночасно у воді із цих саме пунктів спостерігався й великий вміст амонію (до  $0,381 \pm 0,009$  мг/л,  $0,376 \pm 0,014$  мг/л,  $0,376 \pm 0,012$  мг/л відповідно). У воді із пунктів 1-6 середній показник кольоровості був стабільно високим, у порівнянні із рівнем у воді із інших пунктів. Її максимальне значення виявлено у воді із пункту 6 Кам'янського водосховища —  $41,301 \pm 0,601$  град. У воді з цього ж пункту виявлено мінімальний вміст кисню —  $7,187 \pm 0,166$  мг/л. Оцінюючи всі показники, виявлено найпроблемнішу якість річкової води із пункту 6 Кам'янського водосховища (біля м. Горішні Плавні). Проведено аналіз факторів (температури, часу), що впливають на вміст визначених речовин. Попередньо проведений кореляційний аналіз показників якості річкової води з температурою показав достовірний її зв'язок з ХСК ( $p < 0,001$ ), а також киснем ( $p < 0,05$ ) у всіх пунктах відбору проб. Побудовані математичні моделі, що описують позитивну залежність ХСК ( $p < 0,001$ ) та негативну кисню ( $p < 0,001$ ) від температури, а також динаміку змін концентрацій ХСК в залежності від сезону року, підтверджено максимальний пік у теплий період року ( $p < 0,001$ ) (першу декаду серпня). Підтверджено, що одним із пріоритетних завдань сьогодення повинно бути зниження вмісту фосфору та азоту у поверхневих водах з метою обмеження розвитку фітопланктону та поліпшення якості води джерел питного водопостачання щодо вмісту органічних речовин. Проведені дослідження є однією із підстав збільшення нормативу для перманганатної окиснюваності у питній воді (5 мг/л), виготовленої з поверхневої води р. Дніпро за традиційною технологією водоочищення на водопровідних станціях, за визначених умов у кожному конкретному випадку згідно з вимогами Директиви 98/83/ЄС щодо води, призначеної для споживання людиною.

**Ключові слова:** річкова вода, якість води, фосфор, азот, кольоровість

Установлено, что в целом качество воды реки Днепр по содержанию ХПК, цветности, аммония и фосфора в воде с 12 пунктов отбора проб, которые были расположены от верхней до нижней части реки, отвечала 2-3 классу по ГОСТ 4808:2007 «Источники централизованного питьевого водоснабжения. Гигиенические и экологические требования к качеству воды и правила отбора» и характеризовалась повышенным содержанием органических веществ. По сравнению с данными 1994-1998 гг. среднее содержание ХПК в 2015-2017 гг. почти не изменилось ( $27,66 \pm 0,203$ ) и превышало гигиенический норматив для источников

питьевого водоснабжения (15,0 мг/л) почти в 2 раза. Максимальное среднее содержание ХПК обнаружено в воде из пунктов 5 и 6 Кременчугского (35,299 ± 0,620 мг/л) и Каменского (35,004 ± 0,406 мг/л) водохранилищ соответственно. Среднее содержание фосфат-иона в воде р. Днепр отвечало 3 классу по ГОСТ 4808:2007 и удовлетворительному качеству (0,332 ± 0,014 мг/л). Грязная вода с содержанием фосфора обнаружена в пунктах 2 (0,549 ± 0,038 мг/л) Каневского, 3 (0,507 ± 0,033 мг/л) и 4 (0,439 ± 0,049 мг/л) Кременчугского водохранилищ. Одновременно в воде из этих пунктов наблюдалось и большое содержание аммония (до 0,381 ± 0,009 мг/л, 0,376 ± 0,014 мг/л, 0,376 ± 0,012 мг/л соответственно). В воде из пунктов 1-6 средний показатель цветности был стабильно высоким, по сравнению с уровнем в воде с других пунктов. Ее максимальное значение обнаружено в воде с пункта 6 Каменского водохранилища - 41,301 ± 0,601 град. В воде из этого же пункта выявлено минимальное содержание кислорода - 7,187 ± 0,166 мг/л. По интегральной оценке всех показателей, самое проблемное качество речной воды в образцах из пункта 6 Каменского водохранилища (возле г. Горишни Плавни). Проведен анализ факторов (температуры, времени), влияющих на содержание определенных веществ. Предварительно проведенный корреляционный анализ показателей качества речной воды с температурой показал достоверную ее связь с ХПК ( $p < 0,001$ ), а также кислородом ( $p < 0,05$ ) во всех пунктах отбора проб. Построенные математические модели, описывающие положительную зависимость ХПК ( $p < 0,001$ ) и отрицательную кислорода ( $p < 0,001$ ) от температуры, а также динамику изменения концентраций ХПК в зависимости от сезона года, подтверждены максимальным пиком в теплый период года ( $p < 0,001$ ) (первую декаду августа). Подтверждено, что одной из приоритетных задач должно быть снижение содержания фосфора и азота в поверхностных водах с целью ограничения развития фитопланктона и улучшения качества воды источников питьевого водоснабжения по содержанию органических веществ. Проведенные исследования являются одним из оснований увеличения норматива для перманганатной окисляемости в воде (5 мг/л), полученной из поверхностной воды р. Днепр по традиционной технологии водоочистки на водопроводных станциях, при определенных условиях в каждом конкретном случае в соответствии с требованиями Директивы 98/83 / ЕС относительно воды, предназначенной для потребления человеком.

**Ключевые слова:** речная вода, качество воды, фосфор, азот, цветность

It was determined, that overall water quality in Dnipro regarding the content of COD, color, ammonium, and phosphorus in 12 sampling points, which were placed from the lower to upper part of the river, met the requirements for the 2-3 class according to DSTU 4808: 2007 "Sources of centralized potable water supply". Hygienic and ecological requirements to the water quality and the rules of sampling" and had an increased content of organic substances. The average content of COD in 2015-2017 (27,66 ± 0,203 mg/l) remained almost the same in comparison with the data from 1994-1998 and nearly 2 times exceeded the hygienic standard for the potable water sources (15,0 mg/l). Maximum average content of COD was determined in point №5 and №6 of Kremenchuk reservoir and Kamyansky reservoir respectively. The average content of phosphate ion referred to the 3rd class of hazard according to the DSTU 4808: 2007 (from 0,156 to 0,61 mg/l). The most polluted water for the phosphorus content was found in point №2 — Kaniv reservoir (0,549 ± 0,038 mg/l), №3

(0,507 ± 0,033 mg/l) and №4-Kremenchuk reservoir (0,439 ± 0,049 mg/l). At the same time water from this point also had high content of ammonium (up to 0,381 ± 0,009 mg/l, 0,376 ± 0,014 mg/l, 0,376 ± 0,012 mg/l respectively). The average color content was consistently high in water from points №1-6 in comparison with water from other points. Maximum color content was determined in water from point №6 of Kamyansky reservoir 41,301 ± 0,601 deg. In the water from the same point was also determined the minimum content of oxygen — 7,187 ± 0,166 mg/l. It was determined that maximum detected concentrations of iron (0,52 mg/l) and manganese (0,32 mg/l) did't exceed the hygienic standarts for potable water- (1,0 mg/l) and (0,5 mg/l) respectively. After the assessment of all indicators the most problematic quality of the river water was determined in point №6 Kamyansky reservoir (near Goryshni Plavni). The list of factors (temperature, time) which influence on the content of certain substances was analyzed. Previously conducted correlation analysis of the indicators of the river water quality with temperature showed the accurate connection of it with COD ( $p < 0,001$ ), and also oxygen ( $p < 0,05$ ) in all sampling points. Mathematical models, which describe the dependence of COD ( $p < 0,001$ ) and negative dependence ( $p < 0,001$ ) of oxygen from temperature, and also the dynamic of changes in COD concentrations through the different seasons of year, were created, the maximum peak in the warm period of year ( $p < 0,001$ ) (first decade of August) was confirmed. One of the main current tasks must be the lowering of the phosphorus and nitrogen content in the surface waters in order to limit the development of phytoplankton and improve the water quality in potable water supply sources by lowering the level of organic substances content. Conducted research is one of the reasons for the increase of permanganate oxydation standard in potable water (5 mg/l), produced from the surface water of Dnipro using the traditional technology of water treatment on the water supply stations, under certain conditions according to the Directive 98/83/EC regarding the water intended for human use.

**Keywords:** *river water, water quality, phosphorus, nitrogen, color.*

### Актуальність

Річка Дніпро — найкрупніша водна магістраль України, що є найпотужнішим поверхневим вододжерелом. Умовно її ділять на три частини: верхню — від витoku до Києва (1320 км), середню — від Києва до Запоріжжя (555 км) і нижню — від Запоріжжя до гирла (325 км) [1]. Води цього водного об'єкту використовуються для: роботи дніпровських електростанцій, рибного господарства, зрошення, водного транспорту, скиду зворотних вод, технологічний цілей промислових підприємств, оздоровчих цілей населення, його питних потреб тощо. Однак на сьогодні відсутня адекватна система моніторингу якості природних і пит-

них вод [2-9], що передбачено європейським водним законодавством (Водною Рамковою Директивою 2000/60/EC) та гальмує імплементацію Директиви 98/83/EC щодо води, призначеної для споживання людиною. Основною проблемою якості питних вод, що виготовляються з річкової води Дніпра є понаднормативний вміст органічних речовин, що транзитом надходять з вихідною водою. Сезонні погіршення якості річкової води за органічною компонентою здійснюється за рахунок збільшення важкоокиснюваних речовин (ХСК), до яких відносяться, у першу чергу, гумусові речовини [10]. Органічні речовини у поверхневих водах беруть участь у різних фізико-хімічних і біохім-

ічних процесах, впливаючи на біопродуктивність водойм і якість води [11]. Надлишок органічних та біогенних речовин приводить спочатку до порушення біологічної рівноваги і пригнічення біологічного самоочищення водоймища, а потім до зміни типу екосистеми водойми на евтрофний [12]. Отже, збагачення біогенними і органічними речовинами водні екосистеми переводять надлишок поживних елементів в біомасу, що приводить до дефіциту кисню і створює сприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори, збудників захворювань та канцерогенних N-нітрозамінів [13, 14]. Таким чином, на сьогодні є актуальним вивчення динаміки змін якості води р. Дніпро щодо вмісту ХСК, біогенних речовин та кольоровості води в часовому та просторовому розрізах, а також виявлення чинників та регіонів України, де зазначена проблема є найактуальнішою. Як технологію системного аналізу вирішення багатьох завдань дослідники використовують математичне моделювання, тобто представлення тих чи інших явищ та об'єктів навколишнього середовища в уніфікованому вигляді з метою порівняння їх протягом часу або аналізу сценаріїв розвитку [15, 16]. Результати роботи були використані для реалізації проекту "Підтримка України в апроксимації європейського законодавства" («Support to Ukraine in approximation of the EU environmental acquis») «APENA projekt» з метою імплементації в Україні Директиви 98/83 / ЄС «За питної води, призначеної для вживання людиною» (зі змінами 2015 року).

#### **Мета**

Еколого-гігієнічна оцінка якості води р. Дніпро щодо вмісту органічних та біогенних речовин.

#### **Матеріали та методи**

Для роботи був використаний масив даних Державного агентства

водних ресурсів «Дніпровське басейнове управління водних ресурсів» (електронний ресурс, режим доступу: <http://dbuwr.com.ua/upravlinnya-vodnimi-resursami/monitoring-yakosti-vodi.html>). Було проаналізовано результати санітарно-хімічних досліджень води р. Дніпро з 2015 р. до 2017 р. із 12 пунктів відбору проб вздовж русла в межах України (1409 проб), а саме в: Київському водосховищі (1 — н/б Київської ГЕС, в/з м. Києва); Канівському водосховищі (2 — м. Канів, н/б Канівської ГЕС); Кременчуцькому водосховищі (3 — в/з м. Черкаси с.Сокирне; 4 — в/з м.Світловодська; 5 — в/з м. Кременчука, с. Власівка); Кам'янському (Дніпродзержинському) водосховищі (6 — в/з м. Горішні Плавні, Комсомольськ; 7 — в/б Середньодніпровської ГЕС, с. Аули, в/з м. Кам'янське); Дніпровському (Запорізькому) водосховищі (8 — с. Н. Кайдаки, в/з м. Дніпро; 9 — в/б ДніпроГЕС, в/з м.Запоріжжя, ДВС-1, ДВС-2); Каховське водосховище (10 — м. Енергодар; 11 — н/б Каховської ГЕС); р. Дніпро-понижзя (12 — м. Херсон). Якість поверхневої води аналізували за показниками: розчинений кисень, кольоровість, амоній, хімічне споживання кисню (ХСК), фосфат-іон, залізо та марганець. При проведенні досліджень використані методи: санітарно-хімічні, експертної оцінки, порівняльно-описові та математичної статистики [16]. Статистичне та графічне оброблення виконувалось за допомоги програми STATISTICA 10.0 portable.

#### **Результати досліджень та їх обговорення**

Підтверджено, що якість річкової води за визначеними показниками у 2015-2017 рр. була прийнятною та відповідала 2-3 класу згідно з ДСТУ 4808: 2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» та характеризува-

лася підвищеним вмістом органічних речовин і кольоровості, що збігається з даними 1994-1998 рр. [10, 17, 18]. За весь час спостережень у 2015-2017 рр. виявлено мінімальний вміст ХСК на рівні 15,2 мг/л, максимальний — 50,5 мг/л, у 1994-1998 рр. — 15 мг/л та 40 мг/л відповідно. Середній вміст ХСК у всі роки спостережень перевищував гігієнічний норматив (15,0 мг/дм<sup>3</sup>) майже у 2 рази (табл. 1).

Виявлено, що, якщо у воді із пункту 1 (Київське водосховище) середній вміст ХСК був на рівні 29,4 ± 0,845 (мг/л), то із пункту 3 (Кременчуцьке водосховище) від був достовірно ( $p < 0,001$ ) менший у 1,2 рази, а із інших двох пунктів цього водосховища (4 та 5) більший у 1,5 рази (рис. 1).

Максимальний вміст ХСК виявився у воді із пунктів 5 (35,299 ± 0,62 мг/л) та 6 (35,004 ± 0,406 мг/л) Кременчуцького та Кам'янського водосховищ, що відповідає 3 класу якості за ДСТУ 4808: 2007. Далі вздовж русла підвищення ХСК не виявлено, вміст цього показника був стабільним та знижувався у воді із пунктів 7 Кам'янського та 9 Дніпровського водосховищ.

Індикатором вмісту гумусових речовин може бути кольоровість річкової води [10]. Результатами наших досліджень встановлено, що кольоровість зазначеної води значно відрізнялася на окремих відрізках водойми. У минулому столітті найменші значення спостерігалися у верхньому Дніпрі та його усті (се-

редні значення були — 20-40 градусів), а в межах середнього Дніпра кольоровість була декілька вищою та складала 30-50 градусів. Проведені дослід-

Таблиця 1

Середні значення концентрацій показників якості води р. Дніпро

Показник	Середні значення концентрацій (мг/л) протягом року (-ів)			
	1994-1998	2015	2017	2015-2017
Розчинений кисень	8,69	8,976 ± 0,11	8,383 ± 0,122	8,722 ± 0,065
Кольоровість	38,5	23,011 ± 0,697	28,032 ± 0,909	24,499 ± 0,448
Амоній	0,5	0,292 ± 0,01	0,342 ± 0,01	0,315 ± 0,006
ХСК	31,86	28,289 ± 0,402	28,061 ± 0,33	27,66 ± 0,203
Фосфат-іон	-	-	0,331 ± 0,015	0,332 ± 0,014

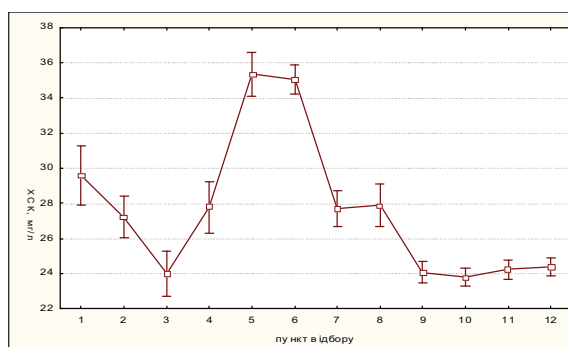


Рис. 1. Виявлений середній вміст ХСК у воді р. Дніпро

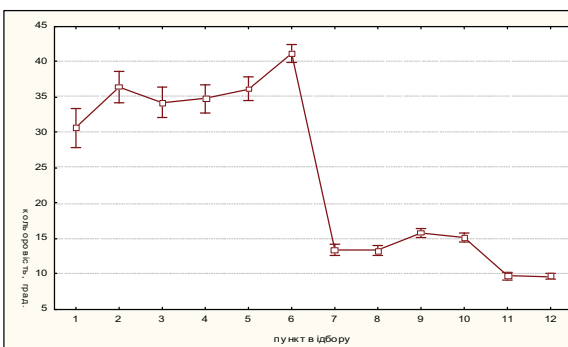


Рис. 2. Виявлений середній вміст кольоровості у воді р. Дніпро

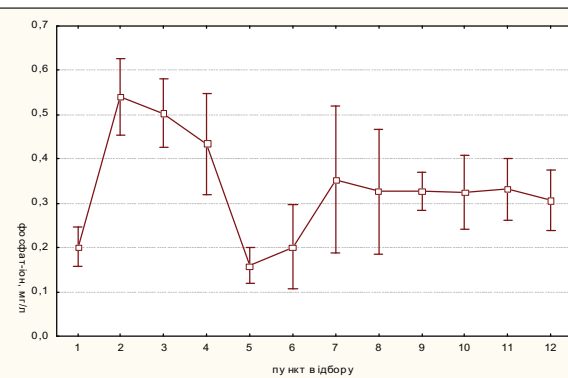


Рис. 3. Виявлений середній вміст фосфат-іону у воді р. Дніпро

ження у 2015-2017 рр. показали схожу картину (рис. 2).

У воді із пункту 2 Канівського водосховища виявлено у 1,2 рази більший вміст кольоровості річкової води у порівнянні із його вмістом у воді із пункту 1. У воді із пунктів 2 — 6 середній рівень вмісту кольоровості був стабільно високим, у порівнянні із вмістом у воді з інших пунктів. Максимальне середнє значення цього показника ( $41,301 \pm 0,601$  град.) виявлено у воді із пункту 6 Кам'янського водосховища. У воді із пункту 7 цього ж водосховища виявлено достовірно менший його вміст у 3 рази. Далі тільки у воді із пункту 9 Дніпровського водосховища також вміст кольоровості був суттєво більший. За весь час спостережень у 2015-2017 рр. виявлено мінімальний вміст кольоровості на рівні 6 град., максимальний — 59 град, що відповідає 2 класу якості води джерела ДСТУ 4808: 2007. Відповідні зміни в кольоровості річкової води можуть вказувати на зміни якісного та кількісного складу органічних сполук, у тому числі, інтенсивності процесів евтрофікації. Чинниками «цвітіння» води є біогенні речовини — азот та фосфор [14]. На жаль, у минулому столітті не проводили моніторинг якості води р. Дніпро за фосфат-іоном. Результати наших досліджень свідчать, що середній його вміст (табл. 1) відповідав 3 класу за ДСТУ 4808: 2007 (від 0,156 до 0,61 мг/л). Виявлено мінімальний вміст фосфат-іону — 0,05 мг/л та максимальний — 0,9 мг/л. У порівнянні із його вмістом у воді із пункту 1 Київського водосховища ( $0,201 \pm 0,019$  мг/л) у воді із пункту 2 Канівського водосховища його вміст вже був більший (у 2,7 разів), у воді із пункту 5 менший, ніж із пункту 4 (у 2,7 разів), а у воді із пункту 7 Дніпровського водосховища він знов зріс (у 2,2 рази).

В цілому, спостерігається збільшення фосфору протягом русла р.

Дніпро, що є чинником інтенсифікації «цвітіння» води у Дніпрі [14]. Найзабрудніша річкова вода щодо вмісту фосфору серед досліджених проб була виявлена у Канівському водосховищі (пункт 2). Найкрупніше місто, що може негативно впливати на якість води цього водосховища — Київ. Середній вміст фосфат-іону у воді із пункту 12 був більший у 1,5 разів у порівнянні із пунктом 1.

Встановлено, що у воді із пунктів 2, 3 та 4 одночасно спостерігався високий вміст кольоровості, фосфору та амонію ( $0,381 \pm 0,009$  мг/л,  $0,376 \pm 0,014$  мг/л,  $0,376 \pm 0,012$  мг/л відповідно). Результати наших досліджень підтвердили наявність у річковій воді амонію у кількостях, що відповідають чинним нормативним вимогам щодо якості питної води ( $d < 2,6$  мг/л), але у таких, що можуть сприяти надмірній евтрофікації (більше 0,3 мг/л) [19]. Протягом 2015-2017 рр. у різних пробах виявлено мінімальний вміст амонію — 0,1 мг/л (відповідає 1 класу якості за ДСТУ 4808: 2007) та максимальний — 1,43 мг/л (відповідає 4 класу якості за ДСТУ 4808: 2007). Вміст амонію у воді із пункту 2 Канівського у 1,2 рази був вищий за вміст із пункту 1 Київського водосховища, а у воді із пункту 6 Кам'янського у 1,5 разів більший, ніж із пункту 5 Кременчуцького водосховища. У воді із пункту 6 спостерігався максимальний вміст амонію ( $0,516 \pm 0,036$  мг/л) у порівнянні із вмістом у інших пробах. Середній вміст амонію від пункту 1 до 12 зменшився у 2,6 разів (рис. 4).

Наслідком процесу «цвітіння» є зниження вмісту розчиненого кисню у річковій воді. Середній вміст цього показника у воді р. Дніпро за даними 2015 — 2017 рр. відповідав 1 класу якості згідно з ДСТУ 4808: 2007 ( $8,722 \pm 0,065$ ) та збігався з даними 90-х років (табл. 1). Протягом 2015-2017 рр. виявлено

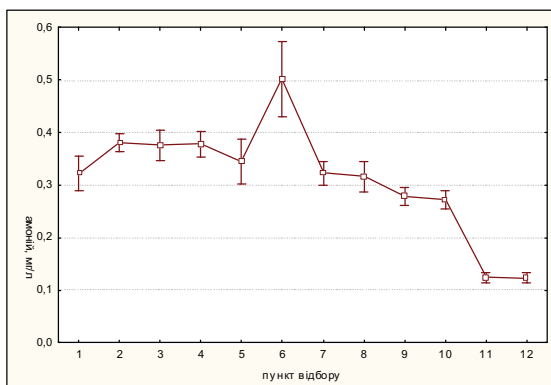


Рис. 4. Виявлений середній вміст амонію у воді р. Дніпро

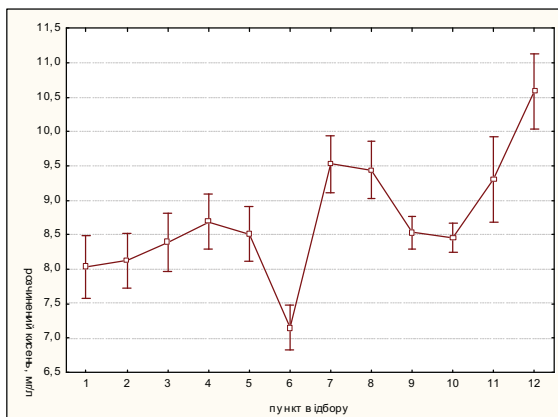


Рис. 5. Виявлений середній вміст розчиненого кисню у воді р. Дніпро

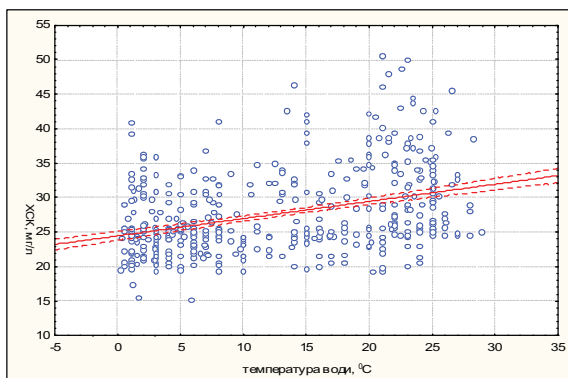


Рис. 6. Динаміка змін концентрацій ХСК в залежності від температури води

мінімальний вміст кисню — 3,9 мг/л та максимальний — 14,4 мг/л. Вздовж русла вміст кисню у воді від пункту 1 ( $8,039 \pm 0,225$  мг/л) до 12 ( $10,619 \pm 0,269$  мг/л) достовірно збільшувався ( $p < 0,001$ ), але було виявлено різке його зниження у воді із пунктів 6 Кам'янського та 9 Дніпровського водосховища (рис. 5). Мінімальний вміст кисню виявлено у воді із пункту 6 ( $7,187 \pm 0,166$

мг/л).

Слід відмітити, що на окремих відрізках водного об'єкту мінімальний вміст кисню складав 5,0 — 3,9 мг/л, скоріш всього, через процеси «цвітіння» та розвиток синьо-зелених водоростей, при відмиранні яких виникає кисневий дефіцит та збільшення вмісту органічних речовин. Отже, на сьогодні є актуальним з метою обмеження розвитку фітопланктону встановити нормативи ЄС для азоту (біля 10-20 мгN/л) та фосфору (біля 1-2 мгP/л) в очищених стічних водах, що скидаються у водойми, в залежності від розміру агломерації та виду стічних вод (Правила скиду стічних вод, затверджені від 17.09.06 р. № D1-236 Міністром Литви із захисту оточуючого середовища).

Оцінюючи всі показники, виявлено найпроблемнішу якість річкової води у пункті 6 Кам'янського водосховища (біля м. Горішні Плавні). Пріоритетним показником серед досліджених слід вважати ХСК. Проведено аналіз факторів, що впливають на вміст ХСК. Попередньо проведений кореляційний аналіз показників якості річкової води з температурою показав достовірний її зв'язок з ХСК ( $p < 0,001$ ), а також киснем ( $p < 0,05$ ) у всіх пунктах відбору проб. На узагальнених графіках видно наявність лінійного позитивного зв'язку із ХСК та негативного з киснем (рис. 6, 7).

Математична модель динаміки змін ХСК в залежності від температури мала наступний вид:

$$y = a+bx,$$

де:  $a, b$  — параметри моделі.

У відповідності до теоретичних основ процесу розчинення кисню у воді [20] математична модель динаміки змін кисню в залежності від температури



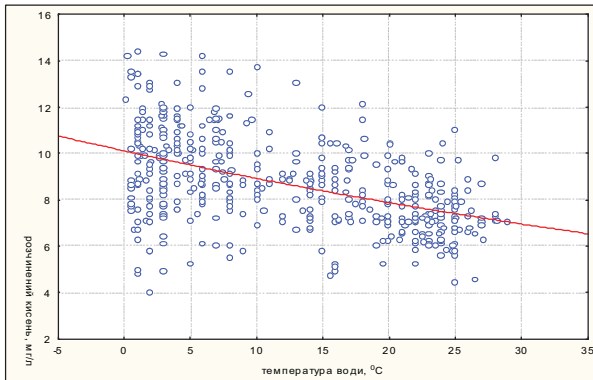


Рис. 7. Динаміка змін концентрацій розчиненого кисню в залежності від температури води

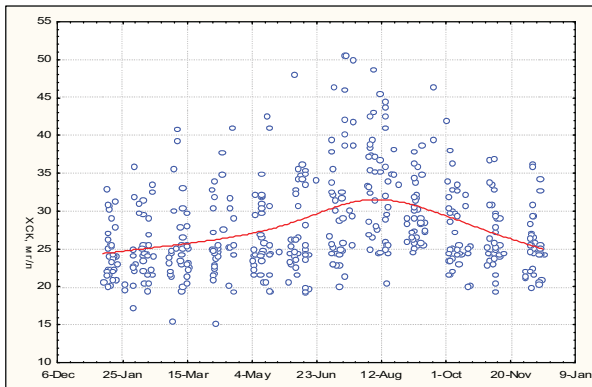


Рис. 8. Динаміка змін концентрацій ХСК протягом року

мала наступний вид:

$$y = k \cdot \exp(-ax),$$

де:  $k, a$  — параметри моделі.

Графік зміни концентрації ХСК протягом часу мав практично однаковий вигляд для всіх трьох років спостережень. На узагальненому графіку чітко видно сезонні зміни вмісту ХСК ( $p <$

0,001) та максимальний пік у теплий період року. Максимальний рівень виявлено на 220 день року (першу декаду серпня) (рис. 8).

Крива може бути описана наступною функцією ( $y$ ), аналогічною функції щільності нормального розподілу:

$$y = y_0 + b \cdot \exp(-c(x-x_0)^2)$$

$$y = (25,5343) + (7,67726) \cdot \exp(-(0,347e-3) \cdot (x - (218,278))^2)$$

де:  $y_0, b, c, x_0$  — параметри моделі, що мають, відповідно, значення:

$y_0$  — зсув по осі “ $y$ ”-ів;  $b$  — масштаб;  $c$  — «швидкість»;  $x_0$  — зсув по осі “ $x$ ”-ів.

Результати розрахунку параметрів моделей (табл. 2) свідчать, що всі вони достовірні на високому рівні значущості, що доводить загальну адекватність моделі.

Отже, високі концентрації органічних речовин характерні для всієї поверхневої води басейну р. Дніпро через геологічні особливості будови гідрологічної мережі України. Ці речовини надходять у воду річки через особливий гідрохімічний режим верхнього Дніпра, що формується в умовах вологого гумідного клімату з щільною річковою мережею, лісами та болотами. Поверхневі води лісової зони, особливо ті, що надходять з болотних масивів, відрізняються великою

Таблиця 2

Статистичні характеристики параметрів математичних моделей

Параметр	Середнє значення ( $M$ )	Похибка середнього ( $m$ )	Коефіцієнт $t$	$p$
до рисунку 7				
$a$	24,62	0,329	74,796	< 0,001
$b$	0,247	0,022	11,323	< 0,001
до рисунку 8				
$k$	10,109	0,106	95,497	< 0,001
$a$	0,012	0,001	15,976	< 0,001
до рисунку 9				
$y_0$	25,54	0,28	89,88	< 0,001
$b$	7,68	0,54	14,30	< 0,001
$c$	0,0003	0,000065	5,35	< 0,001
$x_0$	218,26	3,00	72,85	< 0,001

кольоровістю за рахунок наявності гумінових речовин, зниженим рН та суттєвим вмістом різноманітних речовин, що виявляються у річковій воді Дніпра [14]. Однак, вміст

органічних речовин у воді р. Дніпро також бути обумовлений антропогенною діяльністю в межах водного басейну, у тому числі, на водозбірних площах притоків. Одним із забруднювачів дніпровської води у пониззі річки можливо вважати р.Інгулець, куди здійснюється скидання високо мінералізованих зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу, влітку 2015 р. у воді р. Інгулець виявлено вміст ХСК — 146,5 мг/л.

Раніш було підтверджено, що однією з основних проблем у разі очищення дніпровської води на водопровідних станціях є понаднормативний вміст органічних речовин. Законодавство України (на відміну від європейського) не дозволяє збільшувати норматив для перманганатної окиснюваності у питній воді (5,0 мг/л), що на сьогодні призвело до кризи у сфері централізованого питного водопостачання. На нашу думку, при розробці програм моніторингу якості питної води згідно з вимогами Директиви 98/83/ЄС норматив для перманганатної окиснюваності у питній воді, що використовує дніпровську воду в якості вихідної, можливо збільшувати у кожному конкретному випадку за умови проведення жорсткішого контролю якості питної води, наприклад, за показниками епідемічної безпеки та токсичними речовинами відповідно до результатів екологічного моніторингу водного об'єкту.

#### Висновки

1. Виявлено, що продовжує тривати забруднення річки Дніпро, особливо виражене у середній його частині. В цілому якість її води у досліджених пунктах за визначеними показниками була прийнятною, відповідала 2-3 класу згідно з ДСТУ 4808: 2007 та характеризувалася підвищеним вмістом органічних речовин. У досліджених 12 пунктах (від верхньої до нижньої частини Дніпра) виявлено вміст ХСК: мінімальний — 15,2 мг/л, максимальний — 50,5 мг/л. У річковій воді із пунктів 5 Кременчуцького та 6 Кам'янського водосховищ максимальний середній вміст цього показника виявлено —  $35,299 \pm 0,620$  мг/л та  $35,004 \pm 0,406$  мг/л відповідно. У порівнянні з даними 1994-1998 рр. середній вміст ХСК у 2015-2017 рр. майже не змінився ( $27,66 \pm 0,203$ ) та перевищував гігієнічний норматив для джерел питного водопостачання (15,0 мг/л) майже у 2 рази. Вміст органічних речовин у визначених концентраціях не дозволяє стабільно доводити якість питної води до чинних гігієнічних нормативів на водопровідних станціях України. Згідно з вимогами європейського законодавства зазначене може бути підставою щодо збільшення нормативу для перманганатної окиснюваності у питній воді (5 мг/л), що виготовляється з поверхневої води р. Дніпро за традиційною технологією водоочищення на водопровідних станціях, за визначених умов у кожному конкретному випадку.
2. Підтверджено наявність антропогенного забруднення води р. Дніпро фосфором. Середній вміст фосфат-іону у воді р. Дніпро відповідав 3 класу за ДСТУ 4808: 2007 та задовільній якості ( $0,332 \pm 0,014$  мг/л). Протягом 2015-2017 рр. виявлено мінімальний вміст фосфат-іону — 0,05 мг/л та максимальний — 0,9 мг/л. Найбруднішу воду за вмістом фосфору виявлено у воді із пунктів 2 ( $0,549 \pm 0,038$  мг/л) Канівського та 3 ( $0,507 \pm 0,033$  мг/л), 4 ( $0,439 \pm 0,049$  мг/л) Кременчуцького водосховищ. Одночасно у воді із цих саме пунктів був великий й вміст амонію (до  $0,381 \pm 0,009$  мг/л,  $0,376 \pm 0,014$  мг/л,  $0,376 \pm 0,012$  мг/л відповідно). Протягом 2015-2017 рр. виявлено мінімальний вміст

амонію — 0,1 мг/л та максимальний — 1,43 мг/л, а кольоровості — 6 градусів та 59 градусів відповідно. У порівнянні із всіма пунктами найбільша кольоровість визначалася у воді із пунктів 1-6, зокрема, у воді із пунктів 2 та 6 відбувався її достовірний зріст у 1,2 рази та у 1,1 рази відповідно. У воді із пункту 6 Кам'янського водосховища виявлено її максимальне значення —  $41,301 \pm 0,601$  град., а із пункту 12 (понижся Дніпра) суттєво менший вміст —  $9,712 \pm 0,230$  мг/л. Зміни кольоровості річкової води можуть вказувати на зміни якісного та кількісного складу органічних сполук.

3. Попередньо проведений кореляційний аналіз показників якості річкової води з температурою показав достовірний її зв'язок з ХСК ( $p < 0,001$ ), а також киснем ( $p < 0,05$ ) у всіх пунктах відбору проб. Побудовані математичні моделі, що описують позитивну залежність ХСК ( $p < 0,001$ ) та негативну кисню ( $p < 0,001$ ) від температури, а також динаміку змін концентрацій ХСК в залежності від сезону року, підтверджено максимальний пік у теплий період року ( $p < 0,001$ ) (першу декаду серпня).
4. Практично у воді із всіх пунктів відбору проб р. Дніпро протягом 1994-1998 рр. та 2015-2017 рр. спостерігався вміст одного або декількох речовин у понаднормативних концентраціях. Найбільший негативний техногенний вплив на поверхневі води мають регіони з великими промисловими об'єктами, що її забруднюють хімічними речовинами. Оцінюючи всі показники, виявлено найпроблемнішу якість річкової води із пункту 6 Кам'янського водосховища (біля м. Горішні Плавні). Одним із пріоритетних завдань сьогодення повинно бути зни-

ження вмісту фосфору та азоту у поверхневих водах з метою обмеження розвитку фітопланктону та поліпшення якості води джерел питного водопостачання щодо вмісту органічних речовин.

#### Література

1. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. К.: Генеза, 1997. 640 с.
2. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. К.: Медицина, 2016. 400 с.
3. Сташук В.А., Яцык А.В. До питання водної політики в Україні / Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очистки природних і стічних вод: зб. тез доп. міжнародної наук.-практ. конф. К., 2007. С. 162 — 166.
4. Гаркавий С.І., Сало Т.Л., Чернокозинський А.В. Екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти впливу скиду стічних вод міст на якість поверхневих вод басейну р. Дніпро // Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. 2010. № 27. С. 83 — 92.
5. Левицька С.П. Сучасний вплив антропогенного навантаження на якісний стан поверхневих вод України / Міжнародний Водний Форум «АКВА УКРАЇНА-2004»: зб. тез доп. наук.-практ. конф. К., 2004. С. 56 — 57.
6. Луцько В.С. Екологічна безпека водних ресурсів України в умовах глобалізації / Міжнародний Водний Форум «АКВА УКРАЇНА-2003»: зб. тез доп. наук.-практ. конф. К., 2003. С. 21 — 29.
7. Святенко А.І., Рубайко А.В. Характеристика антропогенного впливу на річку Хорол скиду зливових стічних вод з території міста Миргород / Проблеми екологічної безпеки: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-тех. конф. Кременчук, 2017. С. 64.
8. Черемис І.А., Дігтяренко Л.В. Оцінка стану р. Золотоноша за санітарно-мікробіологічними показниками / Проблеми екологічної безпеки: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-тех. конф. Кременчук, 2017. С. 105.

9. Масікевич А.Ю., Масікевич Ю.Г., Мисливський В.Ф., Бурденюк І.П., Жуковський О.М. Яремчук В.М. Еколого-гігієнічна характеристика басейну річки Сірет / Проблеми екологічної безпеки: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-тех. конф. Кременчук, 2017. С. 48.
10. Прокопов В.О., Тетенева І.А., Тарабарова С.Б., Мартіщенко Н.В., Некрасова Л.С. и др. Комплексний моніторинг р. Дніпр: ітоги дослідження якості води і прогноз його змінення // Гігієна населених міс. 2001. № 38. С. 203 — 207.
11. Линник П.М. Органічні речовини поверхневих вод // Екологічна енциклопедія (у 3 томах) / Голов. ред. А.В. Толстоухов. К.: ТОВ Центр екол. освіти та інформації, 2008. Т. 3. С. 45-46.
12. Кіфор Л.І., Медведєва О.В. Процеси евтрофікації водойм в міських умовах [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5300/1/69\\_9\\_2009-249-251.pdf](http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5300/1/69_9_2009-249-251.pdf).
13. Остроумов С.А. Биологические эффекты поверхностно-активных веществ в связи с антропогенными воздействиями на биосферу. М.: МАКС-Пресс. 2000. 116 с.
14. Станкевич В.В. Гігієнічне обґрунтування умов водокористування в зв'язку з евтрофуванням водойм: автореф. дис. ...доктора мед. наук: 14.00.07 «гігієна». Київ, 1996. 42 с.
15. Азаров І.С., Сидоренко В.Л., Демкін А.М., Середа Ю.П. Аналіз методів математичного моделювання екологічної безпеки / Проблеми екологічної безпеки: зб. тез доп. XV міжнар. наук.-тех. конф. Кременчук, 2017. С. 11.
16. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. Киев: МИЦ «Мединформ», 2018. 579 с.
17. Прокопов В.А., Тетенева І.А., Мартыщенко Н.В., Некрасова Л.С., Валявская Г.И. Санитарное состояние р. Дніпр по результатам ведомственного мониторинга // Гігієна населених міс. К., 2000. № 37. С. 87 — 90.
18. Прокопов В.А., Тетенева І.А., Тарабарова С.Б., Мартыщенко Н.В., Некрасова Л.С., Валявская Г.И. Гигиеническая оценка качества воды р. Дніпр в пределах Украины // Гігієна населених міс. К., 1999. № 35. С. 77 — 82.
19. Мокієнко А.В., Ковальчук Л.Й. Українське Придунав'я: гігієнічні та медико-екологічні основи впливу води як фактора ризику на здоров'я населення. Одеса: Прес-кур'єр, 2017. 352 с.
20. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. К.: Наукова думка, 1980. 583 с.

### References

1. Yatsyk A (1997). Ekologicheskie osnovy ratsionalnogo vodopolzovania [Ecological basis of water management]. Kiev: Hene-sis, 640 p.
2. Prokopov V. (2016). Pitna voda Ukraini: medico-ekologichni ta sanitarno-gigienichni aspekty [Potable water in Ukraine: medical environmental, and hygiene issues]. Kiev: Medicine, 400 p.
3. Stashuk V., Yatsyk A (2007). Do pitaniavodnoi politiki v Ukraini [On the issue of water poicy in Ukraine]. Contemporary problems of environment protection, water management, and treatment of natural and waste waters: collection of conference thesis of international scientific conference Kiev, P. 162 — 166.
4. Garkavy V., Salo T., Chornokozynskyi A (2010). Ekologichni ta sanitarno-gigienichni aspekty vplyvu skydu stichnykh vod mist na iakist poverkhnevikh vod baseynu r. Dniro [Ecological and hygiene issues of impact of the wastewater discharge of cities on the surface water quality of Dni-pro river basin]. Scientific bulletin of Bogomolets National Medical University. № 27, P. 83 — 92.
5. Levytska S. (2004). Suchasnyi vplyv antropogenogo navantajenia na iakisnyi stan poverkhnevnykh vod Ukrainy [Contemporary impact of the anthropogenic exposure on surface water quality in Ukraine]. International Water Forum "AQUA UKRAINE-2004": collection of conference thesis of scientific and practical conference. Kiev, P. 56 — 57.
6. Lutsko V. (2003). Ekologichna bezpeka vodnykh resursiv Ukrainy v umovakh globalizatsii [Ecological safety of water resources in Ukraine in the context of globalization]. International Water Forum "AQUA UKRAINE-2004": collection of con-

- ference thesis of scientific and practical conference. K., P. 21 — 29.
7. Svyatenko A, Rubayko A (2017). Kharakteristika antropogenogo vplyvu na richku Khorol skydu zlyvovykh stichnykh vod z teritorii mista Mirgorod [Characteristic of anthropogenic influence of wastewater discharge from the territory of Myrhorod on Khorol river]. Ecological safety issues: collection of conference thesis of XV international technical conference. Kremenchuk, P. 64.
  8. Cheremys I., Degtyarenko L. (2017). Ot-sinka stanu r. Zolotonosha za sanitarno-mikrobiologichnymi pokaznyrfmy [The assessment of sanitary and microbiological indicators of Zolotonosha river]. Ecological safety issues: collection of conference thesis of XV international technical conference. Kremenchuk, P. 105.
  9. Masykevych A, Masykevych Y., Myslyvskiy V., Burdenuk I., Zukovsky O., Yaremchuk V. (2017). Ekologo-gigienichna kharakteristika baseynu richki Siret [Ecological and hygienic characteristic of Siret river basin]. Ecological safety issues: collection of conference thesis of XV international technical conference. Kremenchuk, P. 48.
  10. Prokopov V., Tetenova I., Tarabarova S., Martishchenko N., Nekrasova L., et al. (2001). Kompleksnyi monitoring r. Dnepr: itogi isledovania kachestva vody i prognozo ego izmenenia [Integrated Monitoring of Dnipro river: results of the research of water quality and forecast of its change]. Hygiene of settlements. № 38, P. 203 — 207.
  11. Lynnyk P. (2008). Organichni rehovyny poverhnevnykh vod [Organic substances of the surface waters]. Ecological encyclopedia (in 3 volumes) / Gen.red. Tolstuhov A K.: LLC Center of ecological education and information, V.3, P. 45-46.
  12. Kyphor L., Medvedeva O. Protsesy evtrofikatsii v miskikh umovakh [Eutrofication processes of ponds in city conditions]. [Electronic resource]. Regime of access: [http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5300/1/69\\_9\\_2009-249-251.pdf](http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5300/1/69_9_2009-249-251.pdf).
  13. Ostroumov S. (2000). Biologicheskie efekty poverhnostno-aktivnykh veshchestv v sviazi s antropogenymi vozdeystviami na biosferu [Biological effects of surfactants due to the anthropogenic exposure on biosphere]. Moskva: MAKS-Pess, 116 p.
  14. Stankevich V. (1996). Gigienichne obgruntuwanie umov vodovykorystania v zviazku z evtrofuvaniem vodoym [Hygienic substantiation of the water usage rules due to Eutrofication of the ponds]. dissertation abstract of MD: 14.00.07 «hygiene». Kiev, 42 p.
  15. Azarov I., Cidorenko V., Demkin A., Cereda Y. (2017). Analiz metodiv matematichnogo modeliuvania ekologichnoi bezpeky [Analysis of methods of mathematical modeling of ecological safety]. Ecological safety issues: collection of conference thesis of XV international technical conference. Kremenchuk, P. 11.
  16. Antomonov M. (2018). Matematicheskaia obrabotka i analiz medico-biologicheskikh danykh [Mathematical treatment and analysis of medical and biological data 2nd edition]. Kiev: MIC “Medinform”, P. 579.
  17. Prokopov V., Teteneva I., Martyshchenko N., Nekrasova L., Valyavskaya G. (2000). Sanitarnoe sostoianie r. Dnepr po rezul'tatam vedonstvenogo monitoring [Sanitary condition of Dnipro river according to the results of institutional monitoring]. Hygiene of settlements. Kiev, № 37, P. 87 — 90.
  18. Prokopov V., Teteneva I., Tarabarova S., Martyshchenko N., Nekrasova L., Valyavskaya G. (1999). Gigienicheskaia otsenka kachestva vody r. Dnepr v pre-delakh Ukrainy [Hygienic assessment of water quality in Dnipro river in Ukraine]. Hygiene of settlements. Kiev, № 35, P. 77 — 82.
  19. Mokienko A.V., Kovalchuk L.I. (2017). Ukrainske Pridunavie: gigenicheskie i medico-ekologicheskie osnovy vplyvu vody iak faktora ryzyku na zdorovia naselenia [Ukrainian Danube: hygiene and medical and ecological bases of water influence as a risk factor for public health]. Odessa: Press Courier. 352 p.
  20. Kul'sky L.A (1980). Teoreticheskie osnovy i tekhnologia konditsionirovania vody [Theoretical basis and technology of water conditioning. K.: Naukova Dumka]. Kiev: Scientific thought, 583 p.

*Впервые поступила в редакцию 01.06.2018 г.  
Рекомендована к печати на заседании  
редакционной коллегии после рецензирования*