

УДК 614.777:628.1/3

М. Ю. Антомонов✉, О. В. Зоріна

*Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України»,
вул. Попудренка, 50, м. Київ, 02094, Україна*

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ДНІПРО З ВИЗНАЧЕННЯМ РАДІАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ У МІСЦЯХ ПИТНИХ ВОДОЗАБОРІВ ТА ПИТНИХ ВОДОПРОВІДНИХ СТАНЦІЙ

Мета. Надати інтегральну оцінку якості природних і питних вод та провести відповідне оцінювання якості вод річки Дніпро з урахуванням радіаційних показників у місцях питних водозаборів і питних водопровідних станцій.

Матеріали та методи. Проаналізовано матеріали КП «Черкасиводоканал», КП «Дніпроводоканал», КП «Водоканал», КП «Бердянськводоканал», КП «Облводоканал». Протягом трьох років (2015–2017 рр.) досліджено 468 проб води 7 водопровідних станцій, що в якості вихідних використовують воду р. Дніпро, за 25 санітарно-хімічними та 2 радіаційними (α -активність і β -активність) показниками. При проведенні досліджень використані методи: бібліографічний, санітарно-хімічний, експертної та інтегральної оцінок.

Результати. Для проведення інтегральної оцінки якості вихідних і питних вод водопровідних станцій уперше було впроваджено спосіб ієрархічної згортки змінних в методі аналізу ієрархій Т. Сааті шляхом поетапного експертного порівняння різних груп показників та показників у групах. Причому групи показників визначалися згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» як радіологічні, органолептичні, інтегральні, фізико-хімічні з органолептичною та загальносанітарною, а також санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості. Вагові коефіцієнти для характеристик якості води розраховувалися як суперпозиція експертних ваг для кожної групи з урахуванням відносних оцінок значущості для комплексного показника груп між собою. Виявлено, що середній комплексний показник для всіх станцій у вихідній воді навесні, влітку та восени достовірно ($p < 0,001$) більший, ніж взимку, а після очищення не змінюється за сезонами року. Якщо порівнювати між собою комплексні показники для вод всіх станцій, то мінімальні їх значення були для вод КП «Черкасиводоканал» ($0,177 \pm 0,005$ та $0,167 \pm 0,005$ – вихідних та питних відповідно) та КНФС КП «Дніпроводоканал» ($0,156 \pm 0,006$ – вихідних). Максимальні значення комплексних показників було виявлено для вод вихідних – ДВС-1 м. Запоріжжя для блоків №1 і №2 ($0,267 \pm 0,008$ для кожної) та КП «Облводоканал» ($0,273 \pm 0,004$), питних – ДВС-1 м. Запоріжжя ($0,260 \pm 0,008$ та $0,265 \pm 0,008$ відповідно) та КП «Бердянськводоканал» ($0,282 \pm 0,009$). На деяких станціях після очищення спостерігається збільшення значення комплексного показника, а на інших – зменшення чи його стабільність.

Висновки. 1. Розроблено оцінку методології визначення якості природних і питних вод радіаційних показників, що дозволить обробляти великі масиви показників шляхом їх поетапного експертного зіставлення з істотним спрощенням роботи експертів і без втрати точності результатів оцінювання. 2. Інтегральна оцінка екологічного стану води річки Дніпро у місцях питних водозаборів дозволила встановити, що комплексний показник якості зазначених вод має мінімальне значення взимку, а після очищення на водопровідних станціях стабільний протягом року. Виявлено динаміку змін інтегрального показника по роках (2015–2017 рр.) та вздовж русла річки. Мінімальні значення комплексних показників якості вихідних вод виявлено для станцій – КП «Черкасиводоканал» та КНФС КП «Дніпроводоканал», максимальні – блоків № 1, 2 ДВС-1 м. Запоріжжя та КП «Облводоканал». Підтверджено, що з метою ефективного проведення державного моніторингу якості природних та питних вод у просторово-часовому аспекті доцільно використовувати метод інтегрального оцінювання з включенням радіаційних показників питної якості води.

Ключові слова: вода вододжерел, вода питна, комплексний показник, водопровідні станції, радіаційні показники питної якості води.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2018. Вип. 23. С. 82–95. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-82-95.

✉ Антомонов Михайло Юрійович, e-mail: antomonov@gmail.com

M. Yu. Antomonov✉, O. V. Zorina

State Institution «O. M. Marzeyev Institute of Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 50 Popudrenka Str., Kyiv, 02094, Ukraine

INTEGRAL ESTIMATION OF QUALITY OF THE DNIPRO RIVER WATER INCLUDING RADIATION INDEXES AT PLACES OF WATER INTAKE AND POTABLE WATER SUPPLY STATIONS

Objective. To develop an methodology for integral estimation of natural and potable water and to conduct relevant estimation of the Dnipro River water including radiation indexes at locations of potable water intake and potable water supply stations.

Materials and methods. Materials of Cherkasyvodokanal ME, Dniprovodokanal ME, Vodokanal ME, Berdyanskvodokanal ME, and Oblvodokanal ME were analyzed. Along the period of 3 years (2015–2017), 468 water samples from 7 water supply stations which use the Dnipro River water for intake were examined, upon 25 sanitary-chemical and 2 radiation (α activity and β activity) parameters. When carrying out the research, the following methods were used: bibliographic, sanitary-chemical, experts' and integral estimations.

Results. In order to carry out integral estimation of the quality of intake and potable water of water supply stations, for the first time the method of hierarchic folding of variables in the method of hierarchy analysis of T. Saati was used, by way of stage-by-stage expert comparison of different groups of parameters and of parameters in groups. Herewith, the groups of parameters were classified according to requirements of State Sanitary Rules and Standards (DSanPiN) 2.2.4-171-10 «Hygienic Requirements to Potable Water Intended for Consumption by Humans» as organoleptic, integral, physical-chemical with organoleptic and general sanitary, as well as sanitary-toxicological characteristics of health hazards. Weight coefficients for parameters of quality of water are calculated as the superposition of expert weights for each group with taking into account relative estimations of significance for a complex parameter of groups between each other. It was educed that the average complex parameter for all stations in intake water in spring, in summer, and in autumn is statistically ($p < 0.001$) greater than in winter, and after treatment it doesn't vary along seasons of the year. If complex parameters for water from all stations are compared, their minimum values were for water of Cherkasyvodokanal ME (0.177 ± 0.005 and 0.167 ± 0.005 – of intake and potable water respectively) and Kaydatska Pumping and Filtration Station of Dniprovodokanal ME (0.156 ± 0.006 of intake water). Maximum values were detected in intake water of Blocks No. 1 and No. 2 of DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia (0.267 ± 0.008 for each) and of Oblvodokanal ME (0.273 ± 0.004); of potable: DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia (0.260 ± 0.008 and 0.265 ± 0.008 respectively) and Berdyanskvodokanal ME (0.282 ± 0.009). At several stations, after treatment, the increase of the value of the complex parameter was observed, and at other, the decrease or the stability of that value was observed.

Conclusions. 1. An methodology for assessing the quality of natural and drinking water including radiation indexes is developed, which will allow processing of large massifs of indicators through their step-by-step expert comparison with a significant simplification of the work of experts and without losing the accuracy of the evaluation results. 2. The integral estimation of the ecological state of water of the Dnipro River at places of potable water intakes allowed to determine that the complex parameter of the quality of above mentioned water has a minimum value in winter, and after treatment at water supply stations the parameter is stable along the year. The dynamics of changes in the integral parameter by years (2015–2017) was educed, and along the river bed. Minimum values of complex parameters of quality of intake water was detected for the following stations: Cherkasyvodokanal ME and Kaydatska Pumping and Filtration Station of Dniprovodokanal ME, and maximum values were detected at Blocks No. 1 and No. 2 of DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia and at Oblvodokanal ME. It was confirmed that with the purpose of carrying out efficient state monitoring of the quality of natural and potable water in the spatial-temporal aspect, it is expedient to use the method of integral estimation.

Key words: water of water sources, potable water, complex parameter, water supply stations, radiation indexes of water quality.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2018;23:82-95. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-82-95.

ВСТУП

Якість питних вод, передусім, залежить від ефективності технологій водоочищення та якості води джерел питного водопостачання. Розвиток систем водопостачання окремих великих міст України максимальної активності набув у 1960–1970-ті роки минулого століття, коли при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам [1]. Понад 80 % населення України для задоволення питних і побутових потреб користується незахищеною від забруднень водою з відкритих водойм [2, 3]. Формування режиму поверхневих вод відбувається під значним впливом кліматичних і техногенних чинників, що визначає епізодичні сезонні та багаторічні зміни їх запасів і хімічного складу [4]. Ми повинні передбачити потенційну проблему і зробити щось для запобігання реальній загрозі забруднення вод [5]. На сьогодні в Україні відсутня адекватна система моніторингу якості природних і питних вод, що негативно відбивається на екологічній і епідемічній ситуації в країні [6, 7]. Потрібно погодитися з науковою позицією багатьох вчених щодо необхідності впровадження в Україні інтегрованого підходу до управління водними ресурсами, що передбачено Водною Рамковою Директивою 2000/60/ЄС, є принципово новим підходом до системи управління [8, 9] та потребує впровадження за допомогою багатьох методів, одним з яких може бути інтегральне оцінювання. Існує багато методик проведення інтегральної оцінки якості води [10]. Найбільш часто використовується в якості інтегрального показника (ІП) якості питної води очевидна формула суми концентрацій всіх забруднювачів (x_i), нормованих до їх «безпечного» (x_0) значення (до гранично допустимої концентрації – ГДК):

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x_0} \quad (1)$$

Настільки ж популярний сумарний показник хімічного забруднення (ПХЗ), що розраховується за аналогічною формулою, але тільки для десяти показників, які найбільшою мірою перевищують ГДК. Подібним чином, але вже з усередненням і тільки для шести найбільших забруднювачів, розраховується гідрохімічний індекс забруднення води (ІЗВ):

$$IZB = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{x_i}{x_0} \quad (2)$$

Якщо оцінка якості води здійснюється в динаміці, тобто супроводжується деякою кількістю вимірю-

INTRODUCTION

The quality of potable water, first of all, depends on the efficiency of water treatment technologies and quality of potable water supply sources. The development of water supply systems of certain large cities of Ukraine reached its maximum activity in 1960–1970th of the last century, when during the selection of the main water supply source the precedence was given to surface waters [1]. Over 80% of the population of Ukraine uses unprotected from pollution from open water reservoirs for satisfaction of potable and household needs [2, 3]. The formation of the regimen of surface waters takes place under a significant influence of climatic and technogenic factors which determines episodic and many-year changes of their reserves and chemical composition [4]. We have to forecast the potential problem and to do something to prevent the actual threat of water pollution [5]. As of today, there is no adequate monitoring system of the quality of natural and potable water in Ukraine which has a negative impact on ecological and epidemiological situation in the country [6, 7]. There is a need to agree with a viewpoint of many scientists in respect of the necessity to introduce an integrated approach to the management of water resources in Ukraine, which is provided for by the Water Framework Directive 2000/60/EC, which is a principally new approach to the management system [8, 9] and is required to be introduced using various methods, one of which can be the integral estimation. There are many methods of conducting the integral estimation of water quality [10]. The most frequently used as an integral indicator (II) of potable water quality can be calculated by the formula of the sum of pollutants concentration (x_i), standardized to their «safe» (x_0) value (to the Maximum Allowable Concentration – MAC):

$$II = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x_0} \quad (1)$$

Another popular indicator of total chemical pollution (ICP), which can be calculated using the similar formula, but only for ten indicators, which exceeds the MAC levels the most. The same approach, but only with the averaging and just for six main pollutants, is used while calculating the hydrochemical water pollution index (WPI):

$$WPI = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{x_i}{x_0} \quad (2)$$

Combinatorial water pollution index (CWPI), which is used to determine the class of water pollu-

вань, то в якості комплексного показника використовується комбінаторний індекс забруднення (КІЗ), за яким визначається клас забруднення води:

$$KIZ = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x_0} \times \frac{k_i}{K_i} \quad (3)$$

де – k_i кількість замірів з перевищенням ГДК, K_i – загальна кількість замірів i -го забруднювача.

Використання тієї чи іншої методики інтегральної оцінки якості вод залежить від мети проведення моніторингу вод. Наприклад, якщо концентрації речовин не перевищують ГДК, а мета проведення досліджень якості природних вод – постійне систематичне спостереження за її змінами згідно з Директивою 2000/60/ЄС у просторово-часовому розрізі, тоді доцільніше використовувати інші методики, що не пов'язані з використанням ГДК.

Розрахований індекс якості води є цінним та унікальним, що відображає загальний уніфікований стан якості води, що зображує складний вплив різних її параметрів [11]. Цей метод стає популярним не дивлячись на певні недоліки, через доступність, уніфікованість процедури розрахунку, розробки математичного апарату та можливості швидкого вирішення завдань [12], та, насамперед, застосовується з метою проведення тривалого моніторингу, порівняльної оцінки характеристик подібних об'єктів або їх змін у часі. Актуальним є розроблення нового та прийнятого в усьому світі «індексу якості води» у спрощеному форматі, який може бути використаний в цілому і може представляти надійну картину якості води [11].

МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Розробити методику інтегральної оцінки якості природних і питних вод та провести відповідне оцінювання якості вод річки Дніпро у місцях питних водозаборів і питних водопровідних станцій з урахуванням радіаційних показників питної якості води.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проаналізовано матеріали КП «Черкасиводоканал», КП «Дніпроводоканал» (КНФС – Кайдакська насосно-фільтрувальна станція, ЛНФС – Ломівська насосно-фільтрувальна станція), КП «Водоканал» (блоки № 1 та 2 Дніпровської водопровідної станції-1 (ДВС-1) м. Запоріжжя), КП «Бердянськводоканал», КП «Облводоканал» щодо якості вихідних і водопровідних питних вод. Всього було проаналізовано 25 санітарно-хімічних показників (кольоровість, каламутність, водневий показник, залізо, загальна

tion, is used in case the quality assessment of water is done in dynamics, which is to say a few measurements:

$$CWPI = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x_0} \times \frac{k_i}{K_i} \quad (3)$$

where k_i is the No of measurements with exceedances of MAC, K_i – total measurements of i^{th} pollutant.

The use of the methods for the integral assessment of the water quality depends on the goal of water monitoring. For example, when the concentration of substances does not exceed the MAC, and the goal of the research of the natural water quality is constant monitoring of its changes according to the Directive 2000/60/EU in their spatial and temporal distribution, then it would be more appropriate to use other methods which are not connected with the use of MAC.

The calculated index of the quality of water is valuable and unique, which reflects the general unified state of the quality of water, and which represents the complex impact of different parameters thereof [11]. This method becomes popular despite its shortfalls, due to availability and the unification of the calculation procedure, development of the mathematical apparatus, and the possibility to solve problems in a short period of time [12], and is, first of all, used with the purpose of long-term monitoring, comparative estimation of characteristics of similar objects, or of their changes over time. Of current importance is the development of the new and accepted in the entire world «Water Quality Index» in a simplified format which can be used in general and can represent a reliable picture of the quality of water [11].

OBJECTIVE

To develop a methodology for integral estimation of natural and potable water and to conduct relevant estimation of the Dnipro River water including radiation indexes at locations of potable water intake and potable water supply stations.

MATERIALS AND METHODS

Materials of Cherkasyvodokanal ME, Dniprovodokanal ME (Kaydatska Pumping and Filtration Station (KPFS), Lomivska Pumping and Filtration Station (LPFS)), Vodokanal ME (Blocks No. 1 and No. 2 of the Dnipro Water Supply Station-1 (DWSS-1) of the town of Zaporizhzhia), Berdyanskvodokanal ME, and Oblvodokanal ME were analyzed in respect of the quality of the intake and water supply potable water. In total, 25 sanitary and chemical characteristics were analyzed (color, muddiness, pH index, iron, total

жорсткість, марганець, мідь, поліфосфати, сульфати, хлориди, сухий залишок, цинк, поверхнево активні речовини, нафтопродукти, алюміній, аміак, нітрати, нітрити, ртуть, свинець, фториди, нікель, хром загальний, кремній, хлороформ) і 2 показники радіаційної безпеки (α -активність і β -активність). Було досліджено 72 проби вихідних та питних вод 7 водопровідних станцій 5 водоканалів України протягом 3-х років (2015–2017 рр.). При проведенні досліджень використані методи: бібліографічний, санітарно-хімічний, експертної та інтегральної оцінки [13].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Проведено інтегральну оцінку якості вихідних та питних вод 7 водопровідних станцій, що використовують в якості вихідної воду річки Дніпро, а саме Кременчуцького (КП «Черкасиводоканал»), Дніпровського (КНФС, ЛНФС КП «Дніпроводоканал», блоки № 1 та 2 ДВС-1 КП «Водоканал» м. Запоріжжя), Каховського магістрального каналу (КП «Облводоканал») водосховищ та Західного групового водоводу (КП «Бердянськводоканал»). Всі показники якості питної води, що досліджувалися, були розбиті на 5 груп згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (радіологічні, органолептичні, інтегральні, фізико-хімічні з органолептичною та загальносанітарною, а також санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості).

З метою проведення інтегральної оцінки було удосконалено методику за рахунок застосування коригувальних коефіцієнтів, що враховують різну ступінь небезпеки для здоров'я споживачів різних груп показників (k_j).

На першому етапі розрахунків для кожної з груп була проведена експертна оцінка відносної значущості кожної ознаки методом аналізу ієрархій Т. Сааті. Для цього були залучені експерти відповідної кваліфікації. Основна мета методу полягає в попарному порівнянні між собою об'єктів [13]. Для порівняльного зіставлення була використана 3-бальна шкала відносної важливості. Якщо ознаки вважалися рівнозначними, їх коефіцієнти порівняння дорівнювали «1», якщо ознака x_i оцінювалася експертами як значніша, ніж ознака x_j , коефіцієнту присвоювалося значення $k_{ij} = 2$. Якщо x_i оцінювався як значно значніший, ніж x_j , коефіцієнт вважався рівним $kk_{ij} = 3$. Порівняні ознаки, які виявлялися менш значущими, отримували зворотні значення коефі-

hardness, manganese, copper, polyphosphates, sulfates, chlorides, dry residual, zinc, surfactants, oil products, aluminum, ammonia, nitrites, nitrates, mercury, lead, fluorides, nickel, total chrome, silicon, chloroform) and 2 radiation safety characteristics (α activity and β activity). 72 samples of intake and potable water from 7 water supply stations of 5 water services companies of Ukraine along the period of 3 years (2015–2017) were examined. When carrying out the research, the following methods were used: bibliographic, sanitary-chemical, experts' and integral estimations [13].

RESULTS AND DISCUSSION

An integral estimation of the quality of intake and potable water of 7 supply stations using water from the Dnipro River for intake, was conducted, i.e. Kremenchuk (Cherkasyvodokanal ME), Dniprovsk (KPFS, LPFS of Dnirovodokanal ME, Blocks No. 1 and No. 2 of the Dnipro Water Supply Station-1 (DWSS-1) of the town of Zaporizhzhia), of the Kakhovka Main Channel (Oblvodokanal ME), and of water reservoirs of the West Group Water Conduit (Berdyanskvodokanal ME). All parameters of quality of studied potable water were broke down into 5 groups according to requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10 «Hygienic Requirements to Potable Water Intended for Consumption by Humans» (radiological, organoleptic, integral, physical-chemical with organoleptic and general sanitary, as well as sanitary-toxicological characteristics of health hazards).

With the purpose of conducting integral estimation, the methodology was improved on the account of use of adjustment coefficients which take into account different degrees of hazard of different groups of parameters (k_j) for the health of consumers.

At the first stage the relative significance of each parameter was estimated for each group using the hierarchy analysis by T. Saaty. With that purpose, experts of relevant qualification were engaged. The main purpose of the method lies in pair-wise comparison of objects between each other [13]. For comparison, a 3-point scale of relative importance was used. If parameters were considered of the same importance, their comparison coefficients were equal to «1», and if the parameter x_i was estimated by experts as more significant than x_j , the coefficient was attributed the value $k_{ij} = 2$. If x_i was estimated as much more significant than x_j , the coefficient was attributed the value $k_{ij} = 3$. Compared parameters which turned out too be less significant were attributed inverse va-

цієнтів (відповідно, $k_{ji} = 1/2 = 0,5$ або $k_{ji} = 1/3 = 0,33$). Значення коефіцієнтів заносилися в оціночну таблицю по рядках.

Далі для кожної таблиці за допомогою програми MathCad_14 portable відповідно до методики Т. Сааті розраховувалися власні вектори, значення яких у першому наближенні відповідали «вагам» ознак всередині кожної групи – e_{ij} . Якщо б кваліфікація експертів були різна, то їм також треба було б привласнювати деякі коефіцієнти значущості, а подальше усереднення коефіцієнтів ознак виконувалося б за формулою середньозваженого з урахуванням цих коефіцієнтів кваліфікації експертів. У нашому випадку кваліфікація експертів була рівнозначна, тому відповідний етап не виконувався.

Крім зіставлення ознак для кожної групи експертів пропонувалося також виконати порівняльне парне зіставлення груп ознак між собою за такою ж методикою. В результаті чого були отримані експертні ваги груп – e_j .

Подальша математична обробка полягала в коригуванні отриманих «ваг». Це було викликано тим, що відповідно до матричних операцій, що використовувалися для підрахунку «ваг», їх значення залежали від кількості ознак в групах. Чим ця кількість була більше, тим менше у середньому виходили власні числа, а отже і ваги ознак. У виконаному нами угрупованні ці кількості змінювалися від 2 (для показників радіаційних та і органолептичних) до 11 (для показників фізико-хімічних з органолептичною або загальносанітарною ознакою шкідливості).

Як вже зазначалося, оскільки для конструювання інтегральної оцінки передбачалося використовувати показники якості води з різних груп щодо впливу на здоров'я, нами запропоновано врахувати цей момент за допомогою коригувального коефіцієнта (k_j). На заключному етапі обробки експертні ваги кожного i -го ознаки в j -ої групи (e_{ij}) множилися на групові коефіцієнти відповідної j -ї групи:

$$w_i = e_{ij} e_j k_j \quad (4)$$

У результаті всіх цих розрахунків були отримані вагові коефіцієнти для всіх показників якості води, які можуть бути використані для кількісного порівняння (таблиця 1).

Як можна бачити у цій таблиці, для розрахунків інтегральних показників використовували 27 показників якості питної води, що регламентовані вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10, серед яких є: радіологіч-

lues of coefficient (respectively, $k_{ji} = 1/2 = 0.5$ or $k_{ji} = 1/3 = 0.33$). Values of coefficients were entered into the estimation tables in rows.

Further, own vectors were calculated for each table using MathCad_14 portable software in accordance with the method by T. Saaty, the values of which at first approximation were corresponding to 'weights' of parameters in each group – e_{ij} . If the qualification of experts would be different, some coefficients of significance would also be attributed to them, and further averaging of parameters' coefficients would be made using the formula of the weight-average with taking into consideration that coefficients of experts' qualification. In our case, the qualification of experts was of equal ranking, so relevant stage was not carried out.

Along with the comparison of parameters for each group, experts were also proposed to make a comparative pair-wise comparison of groups of parameters between each other using the same methodology. In result, expert weights of groups – e_j – were obtained.

Further mathematic processing consisted in the adjustment of obtained «weights». That was caused by the reason that according to matrix operations which were used for the calculation of «weights», their values depended on number of parameters in a group. The greater was that number, than the smaller were proper values in average, and thus weights of parameters. In the grouping made by us these numbers ranged from 2 (for organoleptic and radiation parameters) to 11 (for physical-chemical parameters with organoleptic or general sanitary property of hazards for health).

As it was mentioned before, as parameters of the quality of water from different groups in terms of hazards for health were to be used for the development of the integral estimation, we propose to take this point into account with the use of the adjustment coefficient (k_j). At the final stage of processing, expert weights of each i^{th} parameter in j^{th} group (e_{ij}) were multiplied by group coefficients of relevant j^{th} group:

$$w_i = e_{ij} e_j k_j \quad (4)$$

In result of all of those calculations, weight coefficients for all parameters of the quality of water were obtained which can be used for quantitative comparison (Table 1).

As may be seen from this table, for calculation of integral parameters 27 parameters of the quality of potable water were used which are provided for by requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10, among

Таблиця 1

Величини вагових коефіцієнтів (w_i) для досліджених показників якості питних вод для розрахунку інтегральних показників

Table 1

Values of weight coefficients (w_i) for studied parameters of the quality of potable water for calculation of integral parameters

Показник Parameter	Вагові коефіцієнти, w_i Weight Coefficients, w_i	Показник Parameter	Вагові коефіцієнти, w_i Weight Coefficients, w_i
α -активність / α -activity	0,396	нафтопродукти / oil products	0,179
β -активність / β -activity	0,198	СПАР / synthetic surfactants	0,162
кольоровість / color	0,081	алюміній / aluminum	0,103
каламутність / muddiness	0,195	аміак / ammonia	0,112
водневий показник / pH index	0,061	нітриди / nitrites	0,206
залізо / iron	0,086	нітрати / nitrates	0,261
загальна жорсткість / total hardness	0,112	ртуть / mercury	0,380
марганець / manganese	0,134	свинець / plumbum	0,341
мідь / copper	0,198	фториди / fluorides	0,228
поліфосфати / polyphosphates	0,139	нікель / nickel	0,247
сульфати / sulfates	0,089	хром загальний / total chrome	0,272
хлориди / chlorides	0,136	кремній / silicon	0,098
сухий залишок / dry residual	0,114	хлороформ / chloroform	0,228
цинк / zinc	0,120		

ні, органолептичні, фізико-хімічні з органолептичною та загальносанітарною, а також санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості.

Також представляє інтерес ранжоване упорядкування цих показників. На перших 11 місцях, що відповідають найбільшим ваговим коефіцієнтам, розташувались показники, що мають санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості та радіонукліди, а далі – речовини, що мають органолептичну ознаку шкідливості та є індикаторними згідно з Директивою 98/83/ЄС (таблиця 2).

Для інтегральної оцінки якості питних вод використані комплексні показники, що представляють

which are: radiological, organoleptic, physico-chemical with general sanitary property, as well as sanitary-toxicological property of hazards for health.

Also, of interest is the ranked arrangement of these parameters. At first 11 places which correspond to greatest weight coefficients are parameters which have sanitary-toxicological properties and radionuclides, and then substances which have organoleptic property of hazard for health and are indicator pursuant to the Directive 98/83/EC (Table 2).

For integral estimation of the quality of potable water, complex parameters were used which are

Таблиця 2

Ранжування показників якості питних вод щодо значень вагових коефіцієнтів

Table 2

Ranking of parameters of the quality of potable water in respect of values of weight coefficients

Ранг / Rank	Показник / Parameter	Ранг / Rank	Показник / Parameter
1	α -активність / α -activity	15	поліфосфати / polyphosphates
2	ртуть / mercury	16	хлориди / chlorides
3	свинець / plumbum	17	марганець / manganese
4	хром загальний / total chrome	18	цинк / zinc
5	нітрати / nitrates	19	сухий залишок / dry residual
6	нікель / nickel	20	загальна жорсткість / total hardness
7	хлороформ / chloroform	21	аміак / ammonia
8	фториди / fluorides	22	алюміній / aluminum
9	нітриди / nitrites	23	кремній / silicon
10	мідь / copper	24	сульфати / sulfates
11	β -активність / β -activity	25	залізо / iron
12	каламуність / muddiness	26	кольоровість / color
13	нафтопродукти / oil products	27	водневий показник / pH index
14	СПАР / synthetic surfactants		

собою об'днання (за визначеними правилами) безлічі змінних в одну характеристику [13]. Попередньо для отримання безрозмірного еквіваленту (d_i) використана процедура зіставлення з розмахом вибірки:

$$d_i = (x_i - x_i^-) / (x_i^+ - x_i^-) \quad (4)$$

де: x_i^- та x_i^+ – мінімальні та максимальні значення показників якості питних вод.

Комплексні показники розраховували за формулою:

$$KP = \sum d_i w_i / \sum w_i \quad (5)$$

де: KP – комплексний показник; Σ – знак суми; w_i – вагові коефіцієнти; d_i – безрозмірний еквівалент.

Отримані дані обробляли шляхом визначення середніх арифметичних значень, їх похибок та вірогідності різниці за критерієм Ст'юдента.

Виявлено, що величини комплексних показників, що були розраховані, змінюються у межах: до очищення – [0,09 – 0,35], після очищення – [0,11 – 0,39]. Середній комплексний показник для всіх станцій у вихідній воді весною, влітку та восени достовірно ($p < 0,001$) більший, ніж взимку, а після очищення не змінюється за сезонами року (рис. 1, 2).

Зазначене збігається з розрахункам для однієї станції, наприклад, для блоку № 2 ДВС-1 м. Запоріжжя, для якої інтегральні показники якості вихідних та питних вод більші за відповідні середні (рис. 3, 4).

the aggregation (according to defined rules) of a variety of variables into a single characteristic [13]. Preliminary, for obtaining the non-dimensional equivalent (d_i), the procedure of comparison with the sampling range was used:

$$d_i = (x_i - x_i^-) / (x_i^+ - x_i^-) \quad (4)$$

where: x_i^- and x_i^+ are minimum and maximum values of parameters of the quality of potable water.

Complex parameters were calculated using the formula:

$$CP = \sum d_i w_i / \sum w_i \quad (5)$$

where: CP – complex parameter; Σ – sum sign; w_i – weight coefficients; d_i – non-dimensional equivalent.

Data were processed with calculation of the average arithmetic values, their errors and probability of difference according to the Student's t-test.

The calculated values of complex parameters varied in the ranges: before treatment: [0.09 – 0.35], after treatment: [0.11 – 0.39]. The average complex parameter for all stations in intake water in spring, summer and autumn is reliably ($p < 0.001$) greater than in winter, and after treatment it does not change along seasons of the year (Fig. 1, 2).

The stated above coincides with calculations for one station, e.g. for Block No. 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia, for which integral parameters of quality of intake and potable water is greater than corresponding average values (Fig. 3, 4).

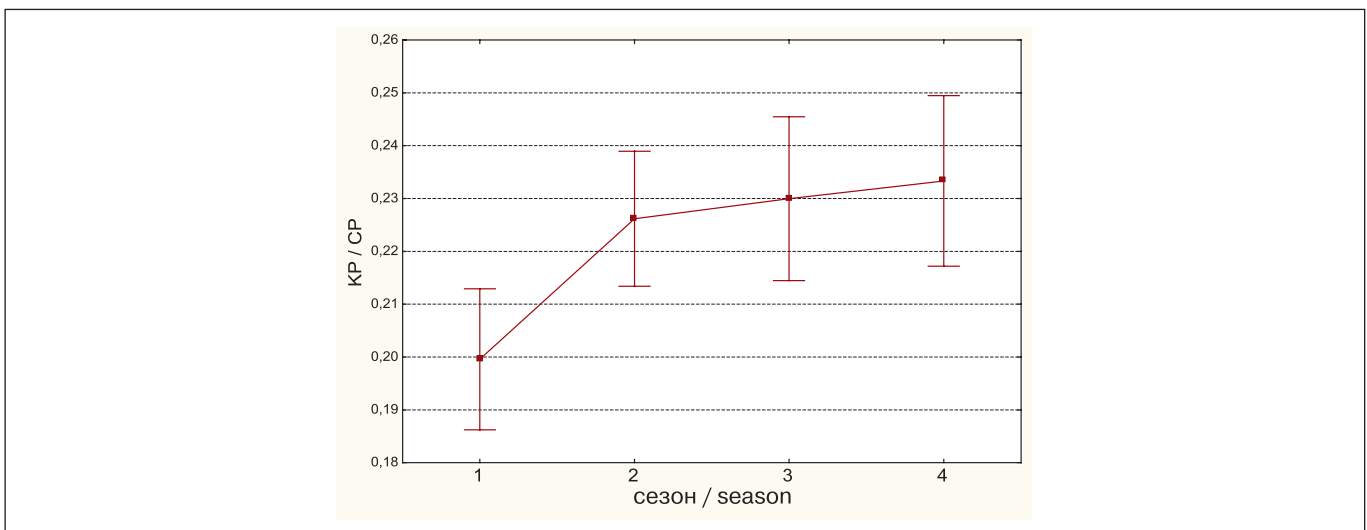


Рисунок 1. Динаміка зміни комплексного показника якості води р. Дніпро в місцях питних водозаборів 7-ми водопровідних станцій за сезонами року

Примітки. 1 – зима; 2 – весна; 3 – літо; 4 – осінь; KP – комплексний показник

Figure 1. Dynamics of change of the complex parameter of the quality of water of the Dnipro River at places of potable water intake of 7 water supply stations by seasons of the year

Notes. 1 – winter; 2 – spring; 3 – summer; 4 – autumn; CP – complex parameter

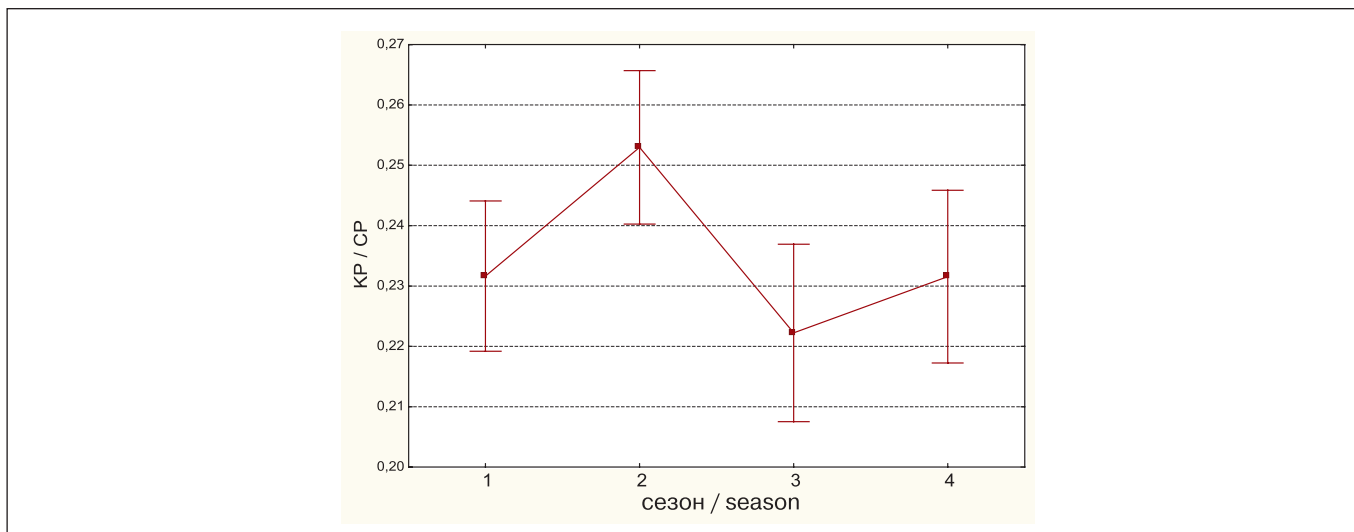


Рисунок 2. Динаміка зміни комплексного показника якості питних вод 7-ми водопровідних станцій за сезонами року

Примітки. Див. рис. 1.

Figure 2. Dynamics of change of the complex parameter of the quality of potable water at 7 water supply stations by seasons of the year

Notes. See Fig. 1.

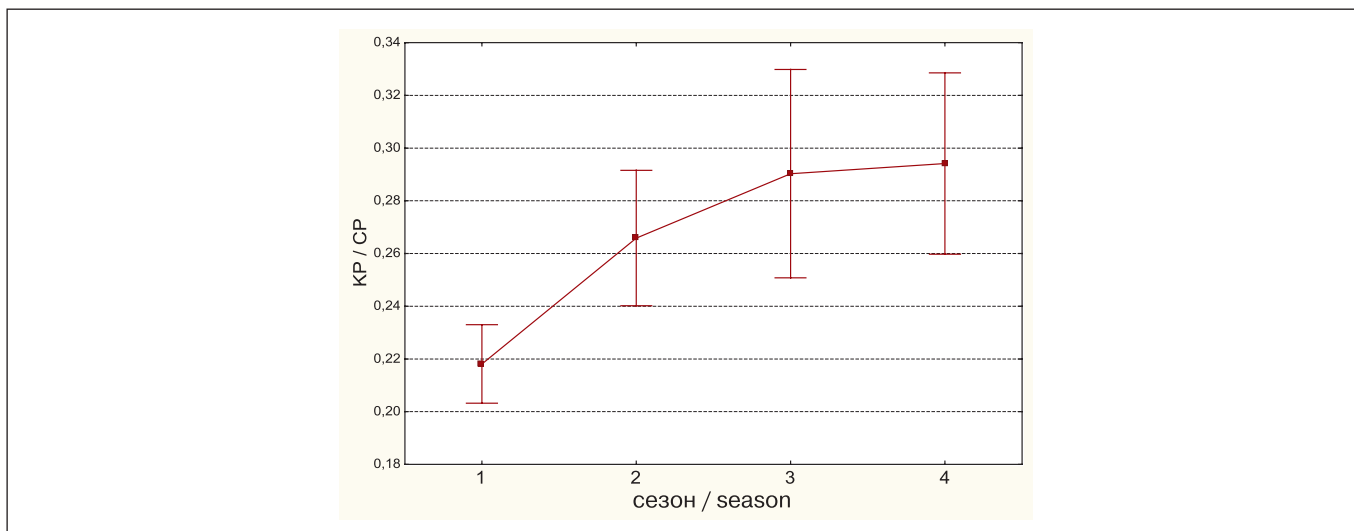


Рисунок 3. Динаміка зміни комплексного показника якості води р. Дніпро в місці питного водозабору ДВС-1 м. Запоріжжя (блок № 2) за сезонами року

Примітки. Див. рис. 1.

Figure 3. Dynamics of change of the complex parameter of the quality of water of the Dnipro River at the place of potable water intake of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia (Block No. 2) by seasons of the year

Notes. See Fig. 1.

Розраховані комплексні показники якості вихідних вод по роках та виявлено їх стабільність, а також збільшення комплексного показника якості питних вод у 2017 р. у порівнянні з 2016 р., у тому числі, для води блоку № 2 ДВС-1 м. Запоріжжя (рис. 5).

Порівняльна оцінка середніх комплексних показників для всіх водопровідних станцій показала, що до очищення достовірна різниця виявилася між по-

Complex parameters of the intake waters quality were calculated by years and their stability was educed, as well as the increase of complex parameter of the potable water quality in 2017 vs. 2016, including for the water of for Block No. 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia (Fig. 5).

The comparison of average CP for all water supply stations showed the veracious difference that before the treatment between parameters of KPFS and

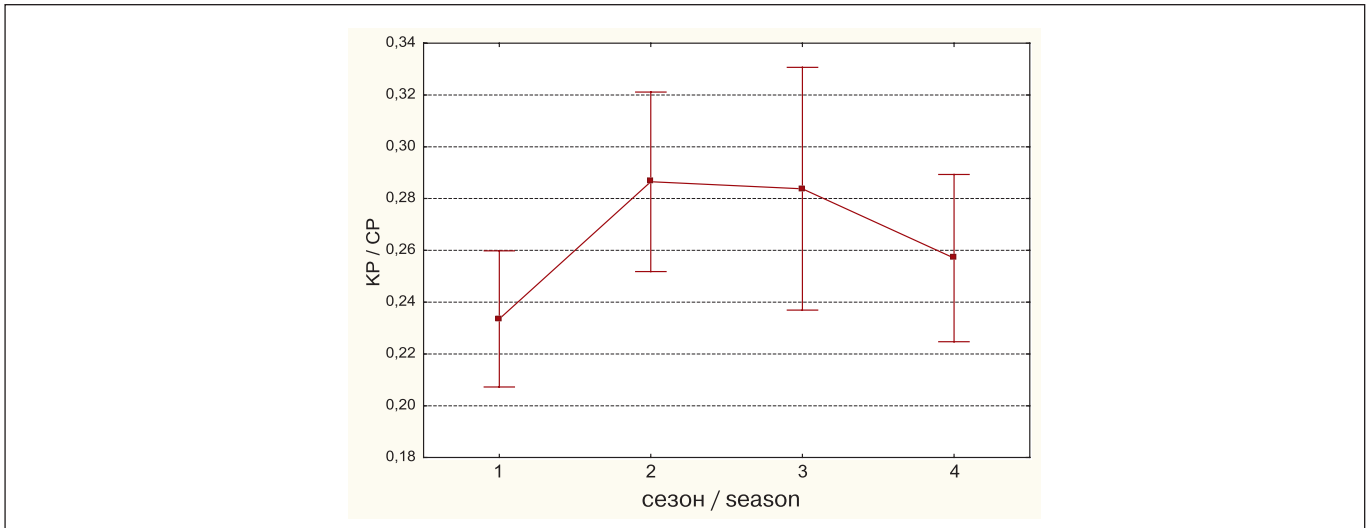


Рисунок 4. Динаміка зміни комплексного показника якості питних вод блоку № 2 ДВС-1 м. Запоріжжя за сезонами року

Примітки. Див. рис. 1.

Figure 4. Dynamics of change of the complex parameter of the quality of potable water at Block No. 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia by seasons of the year

Notes. See Fig. 1.

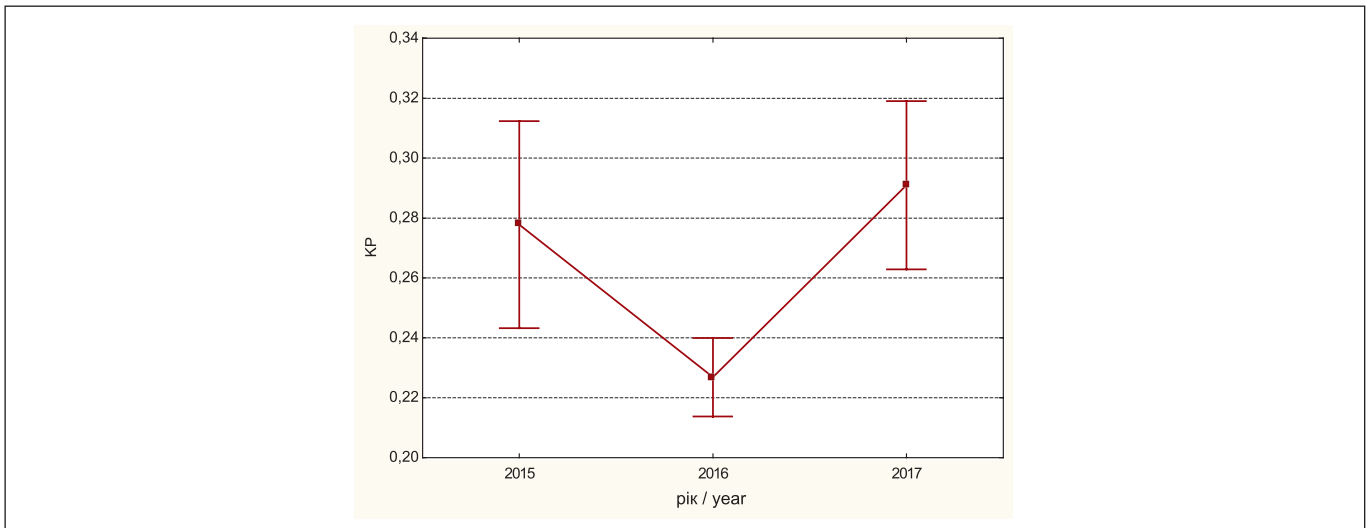


Рисунок 5. Динаміка зміни комплексного показника якості питних вод блоку № 2 ДВС-1 м. Запоріжжя за роками

Примітки. КР – комплексний показник.

Figure 5. Dynamics of change of the complex parameter of the quality of potable water at Block No. 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia by years

Notes. CP – complex parameter.

казниками для КНФС та ЛНФС КП «Дніпроводока-нал» (у 1,4 раза, $p < 0,001$), ЛНФС КП «Дніпроводо-канал» та блоку № 1 ДВС-1 м. Запоріжжя (у 1,3 рази, $p < 0,001$) та КП «Облводоканал» та КП «Бердянськ-водоканал» ($p < 0,001$) (рис. 6).

Зниження комплексного показника для вихідної води КП «Бердянськводоканал» (у 1,4 раза) можливо пояснити тим, що зазначена вода є дніпровською після очищення на спорудах КП «Облводоканал».

LPFS of Dniprovodokanal ME (1.4-fold, $p < 0.001$), of LPFS of Dnirovodokanal ME and Block No. 1 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia (1.3-fold, $p < 0.001$) and of Oblvodokanal ME and Berdianskvodokanal ME ($p < 0.001$) (Fig. 6).

The decrease of the CP of the intake water quality of Berdianskvodokanal ME (1.4-fold) can be explained by the fact that the water is the Dnipro River water after treatment at facilities of Oblvodo-

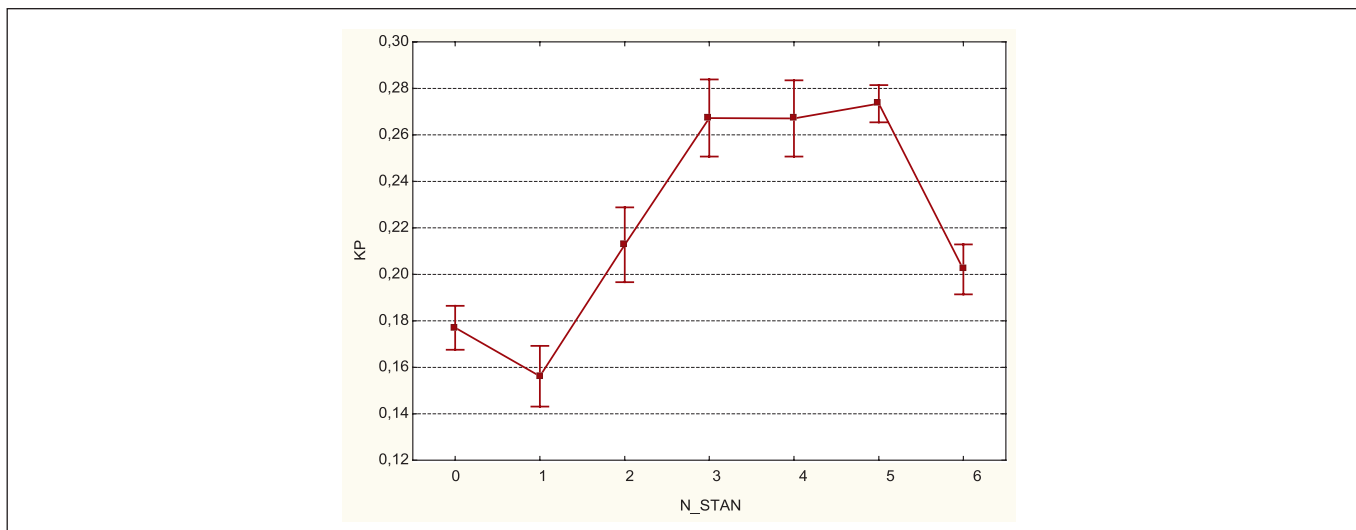


Рисунок 6. Комплексні показники якості води р. Дніпро в місцях питних водозаборів для водопровідних станцій

Примітки. 0 – КП «Черкасиводоканал»; 1, 2 – КНФС, ЛНФС КП «Дніпроводоканал»; 3, 4 – блоків № 1 та 2 ДВС-1 м. Запоріжжя; 5 – КП «Облводоканал»; 6 – КП «Бердянськводоканал»; КР – комплексний показник

Figure 6. Complex parameters of the quality of water of the Dnipro River at locations of potable water intakes for water supply stations

Notes. 0 – Cherkasyvodokanal ME; 1, 2 – KPFS, LPFS of Dniprovodokanal ME; 3, 4 – Blocks Nos. 1 and 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia; 5 – Oblvodokanal ME; 6 – Berdianskvodokanal ME; CP – complex parameter

Як можна бачити на рисунку 6, мінімальні значення комплексних показників характерні для води двох станцій – КП «Черкасиводоканал» та КНФС КП «Дніпроводоканал», їх значення були майже у 1,5 раза менші, ніж для вод ДВС-1 м. Запоріжжя та КП «Облводоканал», що зазнають найбільшого антропогенного забруднення.

As it may be seen from the Figure 6, minimum values of CP are attributive for water of two stations: Cherkasyvodokanal ME and KPFS of Dniprovodokanal ME; their values were approximately 1.5-fold less than for water of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia and of Oblvodokanal ME which are subject to the greatest anthropogenic pollution.

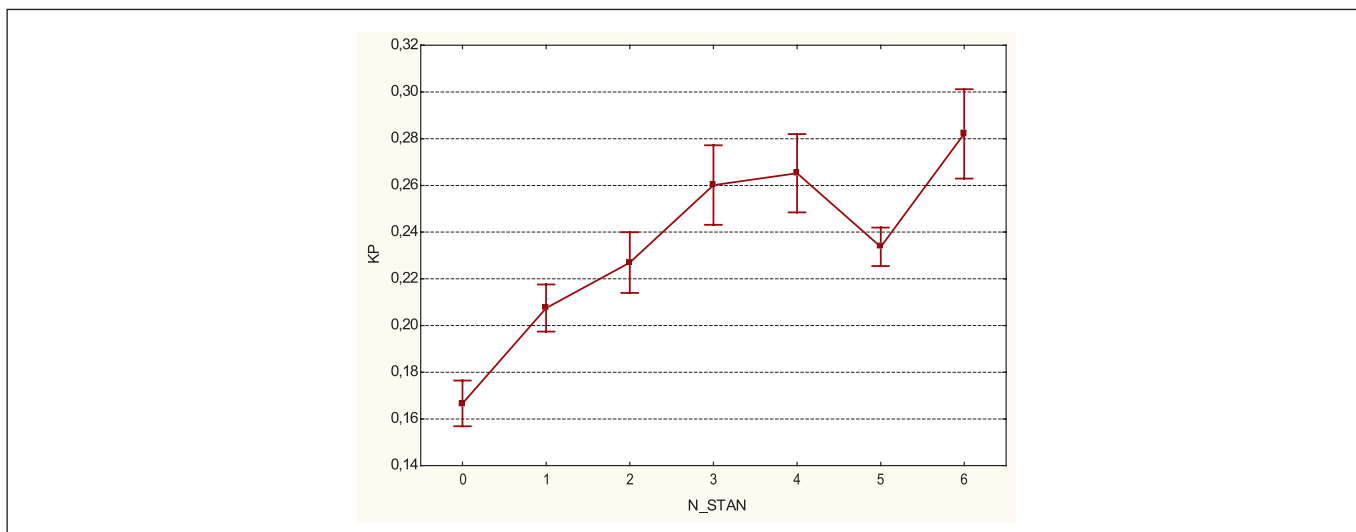


Рисунок 7. Комплексні показники якості питних водах 7-ми водопровідних станцій

Примітки. 0 – КП «Черкасиводоканал»; 1, 2 – КНФС, ЛНФС КП «Дніпроводоканал»; 3, 4 – блоків № 1 та 2 ДВС-1 м. Запоріжжя; 5 – КП «Облводоканал»; 6 – КП «Бердянськводоканал»; КР – комплексний показник

Figure 7. Complex parameters of the quality of potable water at 7 water supply stations

Notes. 0 – Cherkasyvodokanal ME; 1, 2 – KPFS, LPFS of Dniprovodokanal ME; 3, 4 – Blocks Nos. 1 and 2 of the DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia; 5 – Oblvodokanal ME; 6 – Berdianskvodokanal ME; CP – complex parameter

Після очищення достовірна різниця виявилася між комплексними показниками для станцій КП «Черкасиводоканал» та КНФС КП «Дніпроводоканал» (у 1,2 раза, $p < 0,001$) та КП «Облводоканал» та КП «Бердянськводоканал» (у 1,2 раза, $p < 0,001$) (рис. 7).

Зазначене можливо пояснити тим, що водозабір КП «Черкасиводоканал» знаходиться вище за течією річки Дніпро за всі інші станції та якість питної води (за даними лабораторії водоканала) за визначеними показниками відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, а КП «Бердянськводоканал» є другим етапом очищення дніпровської води, зокрема, очищує питну воду після очищення на спорудах КП «Облводоканал» та транспортування по великому водоводу. Максимальні значення інтегральних показників виявлено у питних водах ДВС-1 м. Запоріжжя та КП «Бердянськводоканал».

Якщо порівнювати між собою комплексні показники для вод всіх станцій, то мінімальні їх значення були для вод КП «Черкасиводоканал» ($0,177 \pm 0,005$ та $0,167 \pm 0,005$ – вихідних та питних відповідно) та КНФС КП «Дніпроводоканал» ($0,156 \pm 0,006$ – вихідних). Максимальні значення комплексних показників було виявлено для вод вихідних – ДВС-1 м. Запоріжжя, блок № 1 та 2 ($0,267 \pm 0,008$ для кожної) та КП «Облводоканал» ($0,273 \pm 0,004$), питних – ДВС-1 м. Запоріжжя, блоки № 1, 2 ($0,260 \pm 0,008$ та $0,265 \pm 0,008$ відповідно) та КП «Бердянськводоканал» ($0,282 \pm 0,009$).

Проведені дослідження підтвердили доцільність використання методу інтегрального оцінювання з метою проведення державного моніторингу якості природних та питних вод, передусім, у разі обробки великої бази даних з метою виявлення динаміки змін якості вод у просторово-часовому аспекті.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено методику оцінки якості природних і питних вод з урахуванням радіаційних показників, що дозволить обробляти великі масиви показників шляхом їх поетапного експертного співставлення з істотним спрощенням роботи експертів і без втрати точності результатів оцінювання.
2. Інтегральна оцінка екологічного стану води річки Дніпро у місцях питних водозаборів дозволила встановити, що комплексний показник якості зазначених вод має мінімальне значення взимку, а після очищення на водопровідних станціях стабільний протягом року. Виявлено динаміку змін інтегрального показника по роках (2015–2017 рр.)

After treatment, a veracious difference was detected between CP for stations of Cherkasyvodokanal ME and Dnirovodokanal ME (1.2-fold, $p < 0.001$), and of Oblvodokanal ME and Berdianskvodokanal ME (1.2-fold, $p < 0.001$) (Fig. 7).

The above can be explained by the fact that the water intake of Cherkasyvodokanal ME is upstream of the Dnipro River vs. the rest of stations and the quality of potable water (laboratory of the water supply facility data) by the determined parameters meets the requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10, and Berdianskvodokanal ME is the second stage of treatment of the Dnipro River water, in particular, there water is treated after treatment at facilities of Oblvodokanal ME and transportation through large water duct. Maximum values of integral parameters were found in potable water of DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia and Berdianskvodokanal ME.

Comparing the CP for water of all stations, the minimum values were for water of Cherkasyvodokanal ME (0.177 ± 0.005 and 0.167 ± 0.005 – of intake and potable water respectively) and KPFS of Dnirovodokanal ME (0.156 ± 0.006 – of intake water). Maximum values of complex parameters were found for intake water at DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia, Blocks Nos. 1 and 2 (0.267 ± 0.008 for each) and at Oblvodokanal ME (0.273 ± 0.004); of potable water: DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia, Blocks Nos. 1 and 2 (0.260 ± 0.008 and 0.265 ± 0.008 respectively) and at Berdianskvodokanal ME (0.282 ± 0.009).

The conducted research confirmed the expediency of use of the integral estimation method aiming to carry out state monitoring of the quality of natural and potable water, first of all, in case of processing a large database to educe the dynamics of changes in the quality of water in the spatial-temporal aspect.

CONCLUSIONS

1. A methodology for assessing the quality of natural and drinking water including radiation indexes is developed, allowing to process of large data arrays through their step-by-step expert comparison with a significant simplification of the work of experts and without losing the accuracy of the evaluation results.
2. The complex parameter of the water from the Dnipro River at places of potable water intakes has a minimum value in winter, and after treatment at water supply stations the parameter is stable along the year. The dynamics of changes in the integral parameter was educed by years (2015–2017), and along the river bed. Minimum values of complex parameters of

та вздовж русла річки. Мінімальні значення комплексних показників якості вихідних вод виявлено для станцій – КП «Черкасиводоканал» та КНФС КП «Дніпроводоканал», максимальні – блоків № 1, 2 ДВС-1 м. Запоріжжя та КП «Облводоканал». Підтверджено, що з метою ефективного проведення державного моніторингу якості природних та питних вод у просторово-часовому аспекті доцільно використовувати метод інтегрального оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудько, Є. О. Яковлева. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 1. 348 с.
2. Прокопов В. О. Гігієнічні проблеми водопостачання в Україні // *Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики*. Київ, 2011. С. 106–132.
3. Маценко О. М., Чигрин О. Ю., Тарановський В. І., Долгодуш А. І. Соціо-еколого-економічні проблеми водопостачання в Україні. *Механізм регулювання економіки*. 2011. № 4. С. 264–271.
4. Смирнова С. М., Смирнов В. М., Багатюк Д. В. Оцінка можливості використання підземних джерел води в якості питної води на прикладі мікрорайону Терновка міста Миколаєва. *Науковий вісник МДУ імені В.О.Сухомлинського*. 2014. Вип. 6.2(107). С. 57–63.
5. Fezzi C., Harwood A. R., Lovett A. A., Bateman I. J. The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality. *Nature Climate Change*. 2015. <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150320091319.htm>
6. Сташук В. А., Яцик 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.
7. Гаркавий С. І., Сало Т. Л., Чорнокозинський 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.
8. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами. Дніпропетровськ : Зоря, 2006. 480 с.
9. Боровицька А. Г. Принцип басейнового управління як основа ведення державного водного кадастру. *Право та інновації*. 2016. № 3(15). С. 87–93.
10. Войтенко Л. В., Копілевич В. А., Строкаль М. П. Концепція інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання з використанням функції бажаності Харрінгтона. *Біоресурси та природокористування*. 2015. Т. 7, № 1–2. С. 25–36.
11. Abbasi T., Abbasi S. A. Water quality indias. Amsterdam : Elsevier Science Ltd, 2012. 384 p.
12. Shweta Tyagi, Bhavtosh Sharma, Prashant Singh, Rajendra Dobhal. Water quality indices. *American Journal of Water Resources*. 2013, Vol. 1. № 3. P. 34–38.

quality of intake water was detected for the Cherkasyvodokanal ME and Kaydatska Pumping and Filtration Station of Dnirovodokanal ME, and maximum values were detected at Blocks No. 1 and No. 2 of DWSS-1 of the town of Zaporizhzhia and at Oblvodokanal ME. It was confirmed that with the purpose of carrying out efficient state monitoring of the quality of natural and potable water in the spatial-temporal aspect, it is expedient to use the method of integral estimation.

REFERENCES

1. Stavutskiy EA, Rudko GI, Yakovlev YeO. [Strategy of use of resources of potable underground water for water supply]. Chernivtsi: Bookrek, 2011; Vol.1. 348 p. Ukrainian.
2. Prokopov VO. [Hygienic Problems of Water Supply in Ukraine]. Experience and Prospects of the Scientific Support to Problems of Hygienic Science and Practice. Kyiv; 2011. 106-32. Ukrainian.
3. Matsenko OM, Chyhryn OM, Schyhryn OYu, Taranovskiy VI, Dolhodush AI. [Socio-ecological-economic problems of water supply in Ukraine]. Mechanism of Regulation of the Economy. 2011;(4):264-71. Ukrainian.
4. Smyrnova SM, Smyrnov VM, Bagatiuk DV. [Estimation of the possible of using underground sources of water as potable water at the example of ternovka residential area of the town of Mykolayiv]. Scientific Bulletin of V. O. Sukhomlynskiy Mykolayiv State University. 2014;(6):57-63. Ukrainian.
5. Fezzi C, Harwood AR, Lovett AA, Bateman IJ. The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality. [Internet]. Nature Climate Change, 2015. Available from: <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/03/150320091319.htm>
6. Stashuk VA, Yatsyk AV. [Revisited the issue of water policy in Ukraine]. Contemporary problems of environmental protection, rational use of water resources and treatment of natural and waste water: Collection of theses of reports of International Scientific and Practical Conference. Kyiv, 2007. 162-6. Ukrainian.
7. Garkavy SI, Salo TL, Chornokozynskiy AV. [Ecological and sanitary-hygienic aspects of the impact of discharge of waste water of cities and towns on the quality of surface water of the basin of the Dnipro River]. Scientific Bulletin of the O. O. Bohomolets National Medical University. 2010;(27):83-92. Ukrainian.
8. Stashuk VA. [Ecological-economic bases of basin management of water resources. Dniropetrovsk: Zoria; 2006. 480 p. Ukrainian.
9. Borovytska AH. [The principle of basin management as the basis for maintaining the state water cadastre]. Law and Innovations. 2016;3(15): 87-93. Ukrainian.
10. Voytenko LV, Kopilevych VA, Strokaly MP. [The concept of integral estimation of the quality of water for different kinds of water consumption with the use of the Harrington's desirability function].

13. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. Киев : МИЦ «Мединформ», 2018. 579 с.

Bio Resources and Natural Resources Management. 2015;7(1-2):25-36.

11. Abbasi T, Abbasi SA. Water quality indias. Amsterdam: Elsevier Science Ltd; 2012. 384 p.

12. Tyagi S, Sharma B, Singh P, Dobhal R. Water quality indices. American Journal of Water Resources. 2013;1(3):34-38.

13. Antonomov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical-biological data]. Kyiv: Medinform Medical Information Center; 2018. 579 p. Russian.

Стаття надійшла до редакції 25.07.2018

Received: 25.07.2018