

Scientific and technical journal
«Technogenic and Ecological Safety»



RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ (НА ПРИКЛАДІ РІЧОК БАСЕЙНУ ДНІПРА)

Р. В. Пономаренко¹, Л. Д. Пляцук², Й. Затько³

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

²Сумський державний університет, Суми, Україна

³Європейський інститут подальшої освіти, Підгайська, Словаччина

УДК 504.453

DOI: 10.52363/2522-1892.2021.1.5

Отримано: 14 березня 2021

Прийнято: 21 квітня 2021

Cite as: Ponomarenko R., Plyatsuk L., Zat'ko J. (2021). Determination of factors of formation of qualitative composition of surface water objects by the method of main components (on the example of rivers of the Dnieper basin). Technogenic and ecological safety, 9(1/2021), 31–35. doi: 10.52363/2522-1892.2021.1.5

Анотація

В статті проведено аналіз якісного складу води поверхневих водних об'єктів (на прикладі річок басейну Дніпра) методом головних компонент, виявлені та інтерпретовані основні чинники, що формують багаторічну мінливість якісного складу води поверхневих водних об'єктів та вносять різний вклад у сумарну дисперсію. Дослідження проводились за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 12 постах, за період з 2011 по 2020 рр. Визначені провідні фактори: літогенна особливості водозборів (на них припадає 17...51 % всієї дисперсії вибірки), життєдіяльність рослинних і тваринних організмів (12...39 %), вилуговання Fe- і Cu-вмісних мінералів (10...29 %). В статті показано, що при формуванні хімічного складу води річок досліджуваного регіону визначальним є фактор надходження іонів з порід, на яких відбувається формування водозбору. Виявлено фактор, що характеризує місцеві умови формування річкового стоку - процес розвантаження підземних вод, що виявляється в зміні концентрацій кремнію і нітратів. Крім того, встановлена негативна залежність змін вмісту іонів кремнію і нітратів від температури. Оригінальність дослідження базується на інтегрованому підході, який включає проведення досліджень за наявними даними в базі Державного агентства водних ресурсів України, який враховує принципи збереження біорізноманіття, сталого використання водних ресурсів, управління та басейни річок, моніторинг та оцінку інформації про їх стан. В подальшому запропонований підхід, може стати предметом досліджень в напрямку встановлення факторів, що характеризують місцеві умови формування річкового стоку, у тому числі з урахуванням техногенного навантаження на нього.

Ключові слова: поверхневий водний об'єкт, метод головних компонент, фактори формування якісного складу поверхневих вод, басейн Дніпра.

1. Постановка проблеми.

На сьогоднішній день в процесі формування якісного складу води поверхневих водних об'єктів стає досить важливим техногенний (антропогенний) фактор, який виступає поряд з природними геохімічними і біологічними процесами. У зв'язку з цим на сучасному етапі інтеграції України до Європейського Економічного Співробітництва і Світової організації торгівлі, який передбачає формування та реалізацію збалансованої політики переходу України до сталого розвитку, актуальним є комплексний аналіз багаторічної мінливості гідролого-гідрохімічних показників поверхневих водних об'єктів. Комплексну оцінку чинників формування якісного складу природних водних об'єктів можна здійснити за допомогою методу головних компонент, який досить широко застосовується для обробки гідрохімічних і гідрофізичних масивів даних.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Різноманіття факторів, що визначають формування якісного складу води поверхневих водних об'єктів, дозволяє виділити серед них прямі і непрямі, а також головні і другорядні. Прямими називаються чинники, що безпосередньо впливають на якісний склад води поверхневих водних об'єктів (грунт, гірські породи),

до непрямих відносяться фактори, що діють опосередковано. Головні фактори визначають якісний склад води поверхневого водного об'єкта, тобто сприяють формуванню вод конкретного гідрохімічного типу (хлоридного, сульфатного, тощо). Другорядні ж чинники сприяють появі у воді компонентів, які надають конкретному типу води деякі особливості.

За характером впливу чинники, що визначають формування якісного складу природних вод, підрозділяються на:

- фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив);
- геологічні (склад гірських порід, тектонічна будова, гідрогеологічні умови);
- фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотно-лужні і окислювально-відновні умови, змішання вод і катіонний обмін);
- біологічні (діяльність рослин і живих організмів);
- техногенні або антропогенні (фактори, пов'язані з діяльністю людини) [1–5].

При використанні факторного аналізу, фактори об'єднують в одну групу, що корелюється між собою і, якщо вони піддаються інтерпретації, це означає, що вони можуть бути прямо або побічно пов'язані з деяким певним джерелом надходження

домішок в водотік або процесом, що їх об'єднує. Для кращої інтерпретації чинників проводиться їх обертання [3–6]. В роботі застосовано варімаксне обертання факторів, яке мінімізує число змінних з високими значеннями навантажень. В результаті розрахунків були отримані матриці головних чинників.

Факторний аналіз досить широко застосовується в гідрології, гідрохімії і інших галузях науки. Зокрема, метод головних компонент використовувався для дослідження багаторічної мінливості якості води транскордонних водних об'єктів [7–10], а також при вивченні впливу техногенних факторів на якісний склад поверхневих водних об'єктів в районах нафтовидобутку [11–14].

3. Постановка завдання та його вирішення.

Метою статті є виділення та інтерпретація факторів, що формують багаторічну мінливість якісного складу води для умов басейну Дніпра.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проведення ретроспективного аналізу зміни вмісту іонних домішок в воді Дніпра;
- визначити провідні чинники формування якісного складу води поверхневого водного об'єкта, з використанням методу головних компонент.

Дослідження проводились за даними проб контрольного забору води р. Дніпро в межах Басейнового управління водними ресурсами по 12 постам (рис. 1) за період з 2010 по 2020 рр.

Дослідження проводили за даними моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України Державного агентства водних ресурсів України. В якості вихідної інформації було обрано: концентрації головних іонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), сполук азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), загального фосфору, фосфатів, металів (Si, Cu, Fe, Zn), мінералізацію, рН, прозорість, температуру, кількість зважених речовин і кисню.

В ході роботи було проведено факторний аналіз, який реалізується за допомогою методу головних компонент. Для кращої інтерпретації отриманих

факторів запропонований метод застосовувався для всієї сукупності гідрохімічних даних (середньо-багаторічні дані суми аніонів) протягом трьох гідрологічних сезонів (зимової межні, весняної повені та літньо-осіннього періоду), а також для кожного створу індивідуально протягом всього гідрологічного року.

Багаторічна мінливість якості води річок басейну Дніпра обумовлена низкою факторів, які вносять різний внесок в сумарну дисперсію.

При аналізі процесу формування якісного складу води поверхневих водних об'єктів на протязі періоду зимової межні виділено 3 основні чинники, на частку яких припадає 52,2 % дисперсії вибірки (табл. 1). Перший фактор об'єднує біогенні елементи (сполуки азоту і фосфору), його можна інтерпретувати як життєдіяльність рослинних і тваринних організмів. Відомо, що в ході процесу продукування органічних речовин живі організми активно поглинають азот нітратний і фосфор, розчинені в річкових водах. Деякі ж з'єднання, такі як азот амонійний, надходять в водотік в процесі відмирання живих організмів, а також розпаду продуктів їх життєдіяльності.

Таким чином, концентрації біогенних елементів і їх режим залежать від інтенсивності біогеохімічних і біологічних процесів, що відбуваються в водотоці. В зимовий період відбувається розпад накопичився органічної речовини (що призводить до збільшення амонійного азоту) і відзначається мінімальне споживання нітратного азоту рослинністю.

Аналіз часової мінливості концентрацій біогенних компонентів показує, що значення змінюються в часі синхронно, що свідчить про наявність фактора, який одночасно впливає на зазначені показники.

Другий за силою впливу чинник, який діє в зимовий період, об'єднує головні «літогенні» іони (гідрокарбонати, сульфати, іони кальцію, магнію і мінералізацію). Цей фактор відноситься до групи геологічних і характеризує надходження іонів в процесі розчинення порід, на яких відбувається формування водозбору.

Таблиця 1 – Матриця головних чинників в період зимової межні*

Змінні	Фактори		
	1	2	3
Ca^{2+}		0,95	
Mg^{2+}		0,90	
HCO_3^-		0,80	
SO_4^{2-}		0,87	
Мінералізація		0,96	
NH_4^+	0,79		
NO_2^-	0,77		
NO_3^-	0,75		
Фосфор загальний	0,90		
Фосфати	0,92		
Cu^{2+}			0,81
Внесок факторів (%)	30,9	15,6	5,7

*У таблиці вказані значення факторного впливу змінних, більші ніж 0,7.

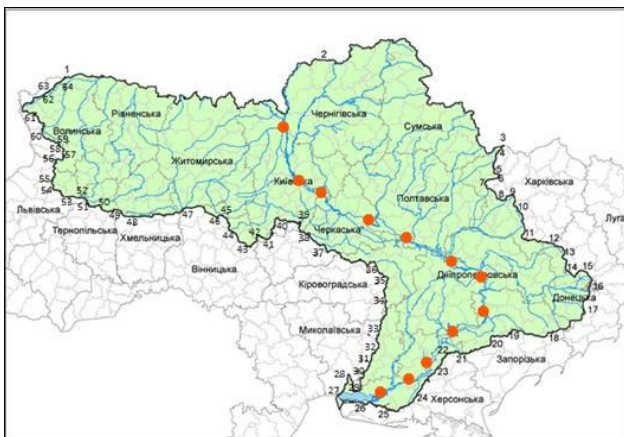


Рисунок 1 – Схематичне розміщення 12 постів контрольного забору води, за даними яких було проведено дослідження

Синхронність середньобагаторічних змін концентрацій головних «літогенних» іонів свідчить про єдиний фактор, в якості якого виступає літогенна основа і надходження компонентів в процесі її розчинення.

Третій фактор визначає мінливість вмісту міді, він аналогічний попередньому і відноситься до групи геологічних, характеризуючи процеси хімічного вивітрювання і розчинення Cu-вмісних порід.

При аналізі якісного складу води в період весняної повені виділено 3 фактора, на частку яких припадає 48,6 % дисперсії вибірки (табл. 2). При цьому головним фактором, що становить 31,2 % дисперсії всіх показників, стає вплив літогенної основи на надходження іонних домішок в води поверхневих водних об'єктів.

Таблиця 2 – Матриця головних чинників в період весняної повені*

Змінні	Фактори		
	1	2	3
Ca	0,95		
Mg	0,93		
HCO ₃	0,92		
SO ₄	0,77		
Мінералізація	0,97		
NH ₄		0,64	
Фосфор загальний		0,72	
Фосфати		0,69	
Fe			-0,92
Внесок факторів (%)	31,2	12,1	5,3

*У таблиці вказані значення факторного впливу змінних, більші ніж 0,7.

Це пов'язано з тим, що навесні відбувається значне збільшення рідкого стоку річок за рахунок танення снігу і великих обсягів поверхневого стоку, що призводить до більш інтенсивного вимивання елементів з території вздовж русел водотоків і мінералів.

Крім того, саме в період весняної повені проявляється зворотна залежність концентрацій «літогенних» іонів від значень витрат води, що пояснюється збільшенням водності, що призводить до розведення і, відповідно, зменшення концентрацій іонних домішок.

Фактор, що відображає інтенсивність життєдіяльності рослинних і тваринних організмів, в весняний сезон стає другим за значимістю (12,1 %). Слід зазначити, що у весняний і літньо-осінній періоди в даному факторі не проявляються нітрати і нітроти, які є поживними речовинами для рослинних організмів, трансформують їх з води. Тому в вегетаційний період (період посиленого розвитку водоростей) кількість нітратів у відкритих водоймах різко зменшується і може доходити до аналітичного нуля.

Третій фактор в період весняної повені характеризує процеси хімічного вивітрювання і

розчинення Fe-вмісних мінералів. Основним джерелом сполук заліза в поверхневих водних об'єктах є процеси вивітрювання порід в береговій зоні, далі залізобактерії окислюють двошвалентне залізо до тривалентного і використовують звільнену при цьому енергію на засвоєння вуглецю з вуглекислого газу або карбонатів.

При аналізі якісного складу води в літньо-осінній період було виділено 3 основні чинники, на частку яких припадає 60,3 % дисперсії вибірки. При цьому провідним фактором виступає діяльність рослинних і тваринних організмів, що пояснюється високою інтенсивністю біологічних і біохімічних процесів (знижуються концентрації нітратного азоту, який активно споживається біотою), на другому місці – літогенний фактор. Третій фактор – фізичний, полягає в зміні температури води в водотоці. У період літньої межени спостерігається істотне збільшення температури повітря, що призводить до нагрівання поверхневих вод, в результаті створюються сприятливі умови для біохімічних процесів (розвиток рослинності та мікроорганізмів), що протікають за участю кисню. Саме тому проявляється негативна залежність змін кількості кисню зі зміною температури.

Аналіз даних якісного складу води Дніпра індивідуально по кожному посту протягом всього гідрологічного року дозволив виявити додатково регіонально значущі чинники. Один з таких факторів об'єднує надходження кремнію і нітратів в поверхневі води, причому фіксується зворотний зв'язок концентрацій зазначених компонентів з температурою. Очевидно, даний фактор характеризує гідрогеологічні умови, а саме розвантаження підземних вод. Наявність нітратів свідчить про підземне підживлення водотоків, оскільки в підземних водах вміст нітратів вище в порівнянні з поверхневими, що пояснюється відсутністю їх основних споживачів – рослин.

За температурного режиму підземні води відносяться до категорії холодних, тому проявляється негативна залежність змін концентрацій іонів кремнію, нітратів і температури.

4. Висновки.

На основі даних ретроспективного аналізу за 2011-2020 роки проведено аналіз зміни показників суми аніонів в воді Дніпра по 12 постах забору проб, протягом основних гідрологічних сезонів (зимова межень, весняна повінь і літньо-осінній період), визначені провідні чинники формування хімічного складу води: літогенна особливість водозборів (на них припадає 17...51 % всієї дисперсії вибірки), життєдіяльність рослинних і тваринних організмів (12...39 %), вилуговування Fe- і Cu-вмісних мінералів (10...29 %). Таким чином, показано, що в формуванні якісного складу води водотоків досліджуваного поверхневого водного об'єкта визначальним є фактор надходження іонів з порід, на яких відбувається формування водозбору.

У процесі індивідуального аналізу кожного створу протягом всього гідрологічного року,

поряд із зазначеними вище, були виявлені фактори, що характеризують місцеві умови формування річкового стоку. А саме: виділено фактор, що відображає процес розвантаження підземних вод, що виявляється в зміні концентрацій кремнію і нітратів.

Таким чином, вивчення механізмів формування якості води поверхневого водного об'єкта за допомогою методу головних компонент є досить перспективним напрямком, яке може бути рекомендовано для проведення аналогічних досліджень для інших річкових басейнів країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baer D.R. 3.6 Nano-Objects as Biomaterials: Immense Opportunities, Significant Challenges and the Important Use of Surface Analytical Methods / D.R. Baer, V. Shutthanandan // *Comprehensive Biomaterials II*, Elsevier, 2017. – P. 86-107.
2. Milevskaya V.V. Extraction and chromatographic determination of phenolic compounds from medicinal herbs in the Lamiaceae and Hypericaceae families: A review / V.V. Milevskaya, Surendra Prasad, Z.A. Temerdashev // *Microchemical Journal*. – 2019. – Volume 145. – P. 1036-1049.
3. Poole C.F. Determination of physicochemical properties of small molecules by reversed-phase liquid chromatography / C.F. Poole, S.N. Atapattu // *Journal of Chromatography A*. – 2020. – Vol. 1626, 461427. – DOI: 10.1016/j.chroma.2020.461427.
4. Hajkowicz S. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management / S. Hajkowicz, K. Collins // *Water Resources Management*. – 2006. – Vol. 21, Issue 9. – P. 1553–1566. – DOI: 10.1007/s11269-006-9112-5
5. Milovanović D. N. Chapter 8 – Qualitative analysis in the reliability assessment of the steam turbine plant. / D.N. Milovanović, L.R. Papić, S.Z. Milovanović, V.Z. Janičić Milovanović, S.R. Dumonjić-Milovanović, D.Lj. Branković // *The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling*. – Academic Press, 2021. – P. 179-313. – DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819582-6.00008-3>.
6. Zoltay V. I. Integrated watershed management modeling: generic optimization model applied to the Ipswich river basin / V. I. Zoltay, R. M. Vogel, P. H. Kirshen, K. S. Westphal // *Journal of Water Resources Planning and Management*. – 2010. – Vol. 136, Issue 5. – P. 566–575. – DOI: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000083
7. Miao D. Y. Optimization Model for Planning Regional Water Resource Systems under Uncertainty / D. Y. Miao, Y. P. Li, G. H. Huang, Z. F. Yang, C. H. Li // *Journal of Water Resources Planning and Management*. – 2014. – Vol. 140, Issue 2. – P. 238–249. – DOI: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000303
8. Пономаренко Р.В. Прогнозування показників кисневого режиму поверхневого джерела в умовах водної екосистеми басейну Дніпра / Р.В. Пономаренко, Л.Д. Пляцук, О.В. Третьяков, В. Черкашин, Й. Зат'ко // *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. – Вип. 7 (1/2020). – С. 51-56. – DOI: 10.5281/zenodo.3780086.
9. Tranmer A.W. Coupled reservoir-river systems: Lessons from an integrated aquatic ecosystem assessment. / A.W. Tranmer, D. Weigel, C. L. Marti, D. Videgar, J. Imberger. // *Journal of Environmental Management*. – 2020. – Vol. 26015. – Article 110107. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110107.
10. Bezsonnyi V. Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir / V. Bezsonnyi, O. Tretyakov, B. Khalmuradov, R. Ponomarenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – № 5/10 (89). – P. 32–38. – URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>
11. Bravo M. Applying stochastic goal programming: A case study on water use planning / M. Bravo, I. Gonzalez // *European Journal of Operational Research*. – 2009. – Vol. 196, Issue 3. – P. 1123–1129. – DOI: 10.1016/j.ejor.2008.04.034.
12. Ponomarenko R. Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply / R. Ponomarenko, L. Plyatsuk, L. Hurets, D. Polkovnychenko, N. Grigorenko, M. Sherstiuk, O. Miakaiev // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. – № 3/10 (105). – P. 54–62. – URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/206125>
13. Madani K. Game theory and water resources / K. Madani // *Journal of Hydrology*. – 2010. – Vol. 381, Issue 3-4. – P. 225–238. – DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.11.045.
14. Yu Zhang. Amphiphilic diblock copolymers inhibit the formation of encrustation on the surface of biodegradable ureteral stents in vitro and in vivo / Yu Zhang, Jin Qi, Hechun Chen, Chengdong Xiong // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2021. – Vol. 610, 125667. – DOI: 10.1016/j.colsurfa.2020.125667.

Ponomarenko R., Plyatsuk L., Zat'ko J.

DETERMINATION OF FACTORS OF FORMATION OF QUALITATIVE COMPOSITION OF SURFACE WATER OBJECTS BY THE METHOD OF MAIN COMPONENTS (ON THE EXAMPLE OF RIVERS OF THE DNIEPER BASIN)

The article analyzes the water quality of surface water bodies (on the example of rivers of the Dnieper basin) by the method of main components, identifies and interprets the main factors that form long-term variability of water quality of surface water bodies and make different contributions to the total variance. The research was carried out according to the samples of control water intake of the Dnieper River within the Basin Water Resources Management at 12 posts, for the period from 2011 to 2020. The leading factors were identified: plant and animal organisms (12...39 %), leaching of Fe- and Cu-containing minerals (10...29 %). The article shows that in the formation of the chemical composition of the water of the rivers of the studied region is determined by the factor of ion from the rocks on which the formation of the catchment. A factor characterizing the local conditions of river runoff formation has been identified - the process of groundwater discharge, which is manifested in changes in the concentrations of silicon and nitrates. In addition, a negative dependence of changes in the content of silicon ions and nitrates on temperature. The originality of the study is based on an integrated approach, which includes research based on available data in the State Agency of Water Resources of Ukraine, which takes into account the principles of biodiversity conservation, sustainable use of water resources, river management and basins, monitoring and evaluation of their status. In the future, the proposed approach may be the subject of research in the direction of establishing factors that characterize the local conditions of formation of river runoff, including taking into account the man-made load on it.

Key words: surface water body, method of main components, factors of formation of qualitative composition of surface waters, Dnieper basin.

REFERENCES

1. Baer D.R., Shutthanandan V. (2017). 3.6 Nano-Objects as Biomaterials: Immense Opportunities, Significant Challenges and the Important Use of Surface Analytical Methods. *Comprehensive Biomaterials II*, Elsevier, 2017. P. 86-107.
2. Milevskaya V.V., Surendra Prasad, Temerdashev Z.A. (2019). Extraction and chromatographic determination of phenolic compounds from medicinal herbs in the Lamiaceae and Hypericaceae families: A review. *Microchemical Journal*, 145:1036-1049.
3. Poole C.F., Atapattu S.N. (2020). Determination of physicochemical properties of small molecules by reversed-phase liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1626, 461427. DOI: 10.1016/j.chroma.2020.461427.
4. Hajkowicz S., Collins K. (2006). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21(9):1553–1566. DOI: 10.1007/s11269-006-9112-5
5. Milovanović D.N., Papić L.R., Milovanović S.Z., Janičić Milovanović V.Z., Dumonjić-Milovanović S.R., Branković D.Lj. (2021). Chapter 8 – Qualitative analysis in the reliability assessment of the steam turbine plant. *The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling*. Academic Press, 179-313. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819582-6.00008-3>.
6. Zoltay V.I., Vogel R.M., Kirshen P.H., Westphal K.S. (2010). Integrated watershed management modeling: generic optimization model applied to the Ipswich river basin. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(5):566–575. DOI: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000083
7. Miao D.Y., Li Y.P., Huang G.H., Yang Z.F., Li C.H. (2014). Optimization Model for Planning Regional Water Resource Systems under Uncertainty. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(2):238–249. DOI: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000303
8. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Tretyakov O., Cherkashyn O., Zat'ko J. (2020). Forecasting of oxygen mode of surface sources in conditions of the water ecosystem of the Dnipro basin. *Technogenic and ecological safety*, 7(1/2020):51–56. DOI: 10.5281/zenodo.3780086.
9. Tranmer A.W., Weigel D., Marti C. L., Videgar D., Imberger J. (2020). Coupled reservoir-river systems: Lessons from an integrated aquatic ecosystem assessment. *Journal of Environmental Management*, 26015, 110107. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110107.
10. Bezsonnyi V., Tretyakov O., Khalmuradov B., Ponomarenko R. (2017). Examining the dynamics and modeling of oxygen regime of Chervonooskil water reservoir. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10(89):32–38. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5546>
11. Bravo M., Gonzalez I. (2009). Applying stochastic goal programming: A case study on water use planning. *European Journal of Operational Research*, 196(3):1123–1129. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.04.034.
12. Ponomarenko R., Plyatsuk L., Hurets L., Polkovnychenko D., Grigorenko N., Sherstiuk M., Miakaiev O. (2020). Determining the effect of anthropogenic loading on the environmental state of a surface source of water supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/10(105):54–62. URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/206125>
13. Madani K. (2010). Game theory and water resources. *Journal of Hydrology*, 381(3-4):225–238. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.11.045.
14. Yu Zhang, Jin Qi, Hechun Chen, Chengdong Xiong. (2021). Amphiphilic diblock copolymers inhibit the formation of encrustation on the surface of biodegradable ureteral stents in vitro and in vivo. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 610, 125667. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2020.125667.