

ECOLOGY

ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ В РІЧКАХ ДУНАЙ ТА СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

к. б. н. **Васенко О. Г.**,

к. т. н. **Брук В. В.**,

аспірантка **Карлюк А. А.**,

аспірант **Свиридов Ю. В.**

Україна, м. Харків, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30112019/6766

ARTICLE INFO

Received: 26 September 2019

Accepted: 14 November 2019

Published: 30 November 2019

KEYWORDS

ecological monitoring, geographic information system, water quality parameters, temporal trend, significance, Holt method, maximum available concentration.

ABSTRACT

For forecasting of the change of water quality in water object the geographic information system (GIS) of the ecological monitoring had been designed. The geographic information system was applied to analyze the water quality of the Danube and Seversky Donets. With the help of GIS, the main trends of changes in water quality indicators of the Danube Delta were identified. In the Danube River, for the most part, there was a tendency for improvement of water quality during the study period, the tendency for deterioration of water quality was determined only by the indicator of manganese. The tendency for deterioration of water quality was observed in the Siverskyi Donets River by the following indicators: suspended matter and ammonia nitrogen. The main trends of changes in water quality indicators have also been identified in the lakes (Chaika, Lychevov), which influence the formation of water quality of the Siverskyi Donets River. In Lake Chaika there is a tendency to deteriorate in quality: weighed substances; nitrogen nitrate, chlorides and iron. In this case, the values of some indicators in Lake Chaika (BOD-5 and total iron), in Lake Lichovo (COD, BOD-5, nitrite nitrogen) and in the Siverskyi Donets River (overlying districts, ammonium nitrogen) will be several times higher fishery maximum permissible concentration.

Citation: Васенко О. Г., Брук В. В., Карлюк А. А., Свиридов Ю. В. (2019) Prohnozuvannia Yakosti Vody v Richkakh Dunai ta Siverskyi Donets za Dopomohoiu Heoinformatsiinykh Tekhnolohii. *World Science*. 11(51), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30112019/6766

Copyright: © 2019 Васенко О. Г., Брук В. В., Карлюк А. А., Свиридов Ю. В. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Дефіцит водних ресурсів України вимагає особливої уваги до стану її водних артерій. На сьогоднішній день сумісна дія природних та антропогенних чинників суттєво підвищує рівень екологічної небезпеки погіршення стану річок, що потребує проведення наукових досліджень з аналізу їх якості води та ступеня забрудненості.

Для можливості наочного подання результатів аналізу накопиченої інформації з відображенням на карті просторового розподілу показників якості річних вод була розроблена геоінформаційна система екологічного моніторингу для прогнозування зміни якості води у водних об'єктах. За допомогою створеної геоінформаційної технології були визначені основні тенденції зміни показників якості води української частини дельти р. Дунаю (далі ГІС) [1].

Метою даної роботи є перевірити створену систему геоінформаційних технологій на іншому водному об'єкті, а саме річці Сіверський Донець і здійснити прогноз її якості води.

Методика досліджень. Значний вплив на екологічний стан дельти р. Дунай справляють різні антропогенні фактори, у тому числі роботи з відновлення та експлуатації глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море [2, 3]. Для розроблення заходів щодо зменшення впливу антропогенних факторів потрібна об'єктивна оцінка екологічного стану дельти р. Дунай та виявлення тенденцій його зміни.

Базуючись на аналізі результатів екологічного моніторингу в українській частині дельти р. Дунай за період 2004-2017 рр. були визначені значущі тенденції часової зміни наступних показників якості річкової води: завислі речовини, розчинений кисень, БСК-5, ХСК, азот амонійний, азот нітритний, фосфор фосфатів, хром⁶⁺ і марганець. В середньому за зазначений період спостережень за показником марганець спостерігалася тенденція до погіршення якості води, а за рештою показників – тенденція до поліпшення якості води. Значення усіх показників якості води, крім марганцю, не перевищували рибогосподарських нормативів.

Короткострокове прогнозування змін якості води дельти р. Дунай за методом Хольта показало, що слід очікувати погіршення якості води в дельті р. Дунай за показниками азот амонійний, БСК-5 і марганець. Концентрація марганцю буде перевищувати ГДК приблизно у 3 рази. За рештою показників очікується поліпшення якості води. Тенденції до погіршення якості води за показниками азот амонійний, БСК-5 і марганець в останні роки обумовлена транскордонним забруднення. Визначені тенденції зміни показників якості води за усіма пунктами моніторингу дельти р. Дунай наведено в роботі [4]. У таблиці 1 наведені тенденції часової зміни показників та їх значущість за окремими пунктами спостережень в українській частині дельти р. Дунай.

Таблиця 1. Тенденції часової зміни показників (b , мг/дм³) та їх значущість (α) по окремих пунктах спостережень в українській частині дельти р. Дунай

Код ПС	Вище Рені	Нижче Рені	Нижче рук. Тульчинський	Ізмаїл (10 км вище)	Ізмаїл	Кілія (4 км вище)	Кілія (6 км нижче)	Вилково
Показники	Тенденції часової зміни показників (b , мг/дм ³) та їх значущість (α): $\frac{b}{\alpha}$							
БСК-5	$\frac{-0,06}{0,06}$	$\frac{-0,05}{0,23}$	$\frac{-0,06}{0,09}$	$\frac{-0,08}{0,07}$	$\frac{-0,03}{0,19}$	$\frac{-0,08}{0,07}$	$\frac{-0,07}{0,06}$	$\frac{-0,02}{0,47}$
Азот амонійний	$\frac{-0,01}{0,004}$	$\frac{-0,01}{0,09}$	$\frac{-0,92}{0,05}$	$\frac{-0,01}{0,04}$	$\frac{-0,01}{0,03}$	$\frac{-0,01}{0,03}$	$\frac{-0,01}{0,01}$	$\frac{-0,01}{0,01}$
Фосфор фосфатів	$\frac{-0,002}{0,02}$	$\frac{-0,004}{0,02}$	$\frac{-0,03}{0,04}$	$\frac{-0,003}{0,04}$	$\frac{-0,003}{0,02}$	$\frac{-0,004}{0,03}$	$\frac{-0,004}{0,02}$	$\frac{-0,003}{0,06}$
Фосфор загальний	$\frac{0,003}{0,35}$	$\frac{-0,004}{0,08}$	$\frac{0,001}{0,83}$	$\frac{-0,003}{0,12}$	$\frac{-0,004}{0,05}$	$\frac{-0,003}{0,17}$	$\frac{-0,004}{0,07}$	$\frac{0,002}{0,47}$
Завислі речовини	$\frac{-5,09}{0,09}$	$\frac{-13,43}{0,002}$	$\frac{-5,48}{0,09}$	$\frac{-8,75}{0,02}$	$\frac{-9,58}{0,01}$	$\frac{-9,70}{0,001}$	$\frac{-9,03}{0,01}$	$\frac{-4,79}{0,12}$
Марганець	$\frac{2,09}{0,10}$	$\frac{2,78}{0,05}$	—	—	$\frac{4,37}{0,11}$	—	—	$\frac{2,28}{0,16}$
Перманганатна окисність	$\frac{-0,03}{0,54}$	$\frac{-0,14}{0,004}$	$\frac{-0,03}{0,54}$	$\frac{-0,09}{0,01}$	$\frac{-0,09}{0,02}$	$\frac{-0,11}{0,003}$	$\frac{-0,12}{0,003}$	$\frac{-0,03}{0,56}$
Азот нітритний	$\frac{-0,001}{0,21}$	$\frac{-0,001}{0,06}$	$\frac{-0,007}{0,04}$	$\frac{-0,001}{0,19}$	$\frac{-0,001}{0,11}$	$\frac{-0,0004}{0,51}$	$\frac{-0,001}{0,25}$	$\frac{-0,002}{0,02}$
ХСК	$\frac{0,04}{0,86}$	$\frac{-0,28}{0,32}$	$\frac{-1,72}{0,07}$	$\frac{0,33}{0,10}$	$\frac{0,15}{0,47}$	$\frac{0,20}{0,31}$	$\frac{0,40}{0,06}$	$\frac{-0,0002}{0,24}$
Розчинений кисень	$\frac{0,07}{0,16}$	$\frac{0,09}{0,07}$	$\frac{0,08}{0,15}$	$\frac{-0,005}{0,86}$	$\frac{-0,01}{0,83}$	$\frac{0,01}{0,81}$	$\frac{0,01}{0,74}$	$\frac{0,27}{0,15}$

Розроблена геоінформаційна технологія також була застосована для р. Сіверський Донець та озер Лиманської групи (Чайки та Личове), які впливають на формування її якості. Актуальними завданнями є комплексна оцінка стану досліджуваних водних об'єктів, прогнозування техногенного впливу Зміївської ТЕС на озера Лиманської групи та визначення ролі останніх на формування якості води річки Сіверський Донець. Забезпечення екологічної безпеки річки Сіверський Донець є вкрай важливим та актуальним науково-практичним завданням.

Стан р. Сіверський Донець та озер Лиманської групи зумовлюються наступними чинниками: природними властивостями, характером водозбірної території та впливом стічних вод. Формування техногенного об'єднаного стоку озера Чайки відбувається за рахунок: господарських та промислових стічних вод, переливних вод, що відводяться скидним каналом золовідвалу Зміївської ТЕС, та ґрунтових вод [5, 6]. Озеро Чайка зазнає найбільшого техногенного навантаження, бо приймає господарські, промислові стічні води та переливні води, що відводяться скидним каналом золовідвалу Зміївської ТЕС. Озеро Личове в процесі водообміну зазнає впливу загальної забрудненості попередніх водоймищ і є останнім – буферним водоймищем стічних вод Зміївської ТЕС та смт. Слобожанське перед їх потраплянням до р. Сіверський Донець.

Якість води озер Лиманської групи та ділянки р. Сіверський Донець (від с. Черкаський Бишкін вниз за течією до смт. Донець) аналізувалася відповідно до вимог рибогосподарського водокористування. Матеріалом для аналізу стали результати власних досліджень 2016-2018 рр. та фондові дані різних служб моніторингу й наукових організацій з 1995 по 2018 роки. Для виконання прогнозних розрахунків формування якості досліджуваних поверхневих вод використано Метод Хольта. Паралельно розрахунки прогнозування проводили за допомогою системи Statistica 10. Отримані результати повністю співпали з розрахунками отриманими за допомогою ГІС [7, 8].

Вибір станцій проводився з урахуванням морфометричних характеристик водоймищ з метою охопити екологічно різні ділянки. Точки відбору розташовані таким чином, щоб охопити та послідовно простежити за змінами гідрохімічного режиму від озера Чайки до р. Сіверський Донець [9]. Для проведення моніторингових спостережень на озерах Лиманської групи було вибрано наступні станції: точка № 1 – розташована в південній частині озера Чайка в протоці (місце надходження стічних вод Зміївської ТЕС, с. Слобожанське та вод золовідвалу); точка № 2 – у місці приймального ковша насосної станції, звідки перекачується вода до озера Личового; точка № 3 – розташована в верхній, південній частині озера Личове. Для проведення моніторингових спостережень р. Сіверський Донець було вибрано наступні станції: точка № 4 - ділянка р. Сіверський Донець (с. Черкаський Бишкін) та точка № 5 - ділянка р. Сіверський Донець (смт. Донець).

Результати перевищення ГДК у воді 2017-2018 рр. відповідно до нормативів рибогосподарського водокористування для озер Лиманської групи та р. Сіверський Донець наводяться у таблиці 2.

Таблиця 2. Порушення нормативів води ділянки р. Сіверський Донець та озер Лиманської групи (Чайка, Личове)(рибогосподарське призначення)

С/ГДКр-г	рік	pH	XCK	БСК ₅	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Cl	SO ₄	Сухий залишок	Fe	Mg	Zn
р.Сіверський Донець (с.Черкаський Бишкін)	2017	0,91	0,85	0,40	11,13	0,10	0,60	2,73	0,21	1,34	0,71	2,00	4,00	1,00
	2018	0,92	1,75	1,17	16,38	0,19	1,78	3,09	0,20	1,13	0,69	0,70	6,00	2,00
р.Сіверський Донець (смт. Донець)	2017	0,91	0,45	0,57	10,08	0,10	0,72	2,77	0,21	1,33	0,73	2,10	2,00	2,00
	2018	0,89	0,43	0,87	10,13	0,16	0,86	3,04	0,20	1,21	0,72	0,60	6,00	1,00
Чайка (об'єднаний стік)	2017	0,91	0,80	0,62	1,00	0,09	0,54	2,91	0,32	2,08	0,79	3,00	4,00	1,00
	2018	0,99	1,45	2,48	1,42	0,08	0,56	3,04	0,32	1,46	0,72	2,30	9,00	2,00
Чайка (насосна станція)	2017	1,05	1,79	2,80	0,46	0,07	1,66	0,39	0,35	2,69	0,82	2,70	2,00	3,00
	2018	1,06	1,78	4,71	1,54	0,10	1,46	0,67	0,44	2,50	0,99	1,20	7,00	1,00
Личове	2017	1,00	2,07	3,30	1,42	0,07	2,38	0,44	0,32	2,81	0,88	3,80	4,00	5,00
	2018	1,02	1,65	4,45	0,96	0,08	2,00	2,29	0,25	1,57	0,74	0,60	9,00	2,00

Виявлено, що за рядом хімічних показників вода р. Сіверський Донець (ділянки с.— Черкаський Бишкін, смт. Донець) не відповідає нормативам якості води (рибогосподарським). Перевищення ГДК відповідно до нормативів рибогосподарського водокористування для р. Сіверський Донець (с. Черкаський Бишкін) спостерігалось за такими показниками хімічного

складу, як ХСК -1,75 рази, азот амонійний в 1,78 рази, азот нітритний 16,4 рази, фосфати – 3,09 рази, залізо – 2,00 рази, марганець – 6,00 разів та цинк у 2,00 рази; у місці смт. Донець: азот нітритний – 10,13 разів, фосфати – 3,04 рази, залізо – 2,10 рази, марганець – 6,00 разів та цинк – 2,00 рази.

Перевищення ГДК відповідно до нормативів рибогосподарського водокористування для озер Лиманської групи спостерігалось за 10 показниками хімічного складу (БСК₅, ХСК, азот амонійний, фосфати, хлориди, сульфати, сухий залишок, марганець, залізо, цинк). Спостерігається порушення якості води в озері Чайка (об'єднаний стік): за ХСК -1,45 рази, БСК₅- 2,48 рази, сульфати - 2,08 рази, цинк - в 2,00 рази, фосфати – 3,04 рази, залізо – 3,00 рази, марганець – 9,00 разів, цинк - в 2,00 рази; Чайка (насосна станція): ХСК -1,79 рази, азот амонійний – 1,66 рази, азот нітритний - в 1,54 рази, БСК₅ - 4,71 рази, сульфати – 2,69 рази, марганець – 7,00 разів, цинк – 3,00 рази; Личове: за ХСК в 2,07 рази, БСК₅-4,45 рази, азот амонійний-2,28 рази, фосфати – 2,29 рази, цинк – 5 разів, сульфати – 2,81 рази, залізо – 3,80 рази, марганець – 9,00 разів.

Визначено, що вплив озера Чайка та Личове на режим р. Сіверський Донець може проявлятися за рахунок прямого скиду в річку забрудненої води з озера (техногенний стік) [10], а також за рахунок фільтраційних втрат при безпосередній інфільтрації стічних вод з озера Чайка в підземні води та далі - в річку.

В даній роботі наведене прогнозування якості води в р. Сіверський Донець та озерах Лиманської групи. Усереднені за усіма пунктами вихідні дані для аналізу наявності часових тенденцій зміни показників якості води наведені у табл. 3.

Таблиця 3. Значення прогнозованих показників якості води в р. Сіверський Донець та озерах Лиманської групи

Пункти спостережень	рік	Зв. р-ни, мг/дм ³	ХСК, мг/дм ³	NO ₃ , мг/дм ³	NO ₂ , мг/дм ³	NH ₄ , мг/дм ³	PO ₄ , мг/дм ³	Fe, мг/дм ³	SO ₄ , мг/дм ³	Сухий залишок	Нафто-продукти
оз. Чайка	2021	26,99	40,62	6,02	0,08	0,65	1,89	0,16	318	782	0,05
	2022	30,84	43,65	6,31	0,08	0,64	1,85	0,16	299	767	0,04
	2023	34,70	40,77	6,59	0,08	0,63	1,81	0,17	280	751	0,04
	2024	38,55	43,22	6,87	0,08	0,62	1,76	0,18	260	735	0,04
оз. Личове	2021	13,98	40,72	3,99	0,05	0,69	0,96	0,06	168	654	0,05
	2022	14,23	40,47	3,56	0,05	0,73	0,83	0,05	154	629	0,05
	2023	14,58	40,23	3,12	0,04	0,77	0,69	0,04	141	605	0,05
	2024	14,92	39,98	2,68	0,04	0,82	0,56	0,03	128	580	0,05
р. Сіверський Донець (смт. Донець)	2021	13,89	40,72	3,99	0,05	0,69	0,96	0,06	168	654	0,05
	2022	14,23	40,47	3,56	0,05	0,73	0,83	0,05	154	629	0,05
	2023	14,58	40,23	3,12	0,04	0,77	0,69	0,04	141	605	0,05
	2024	14,92	39,98	2,68	0,04	0,82	0,56	0,03	128	850	0,05

Таким чином в оз. Чайка до 2024 року очікується тенденція до погіршення якості за показниками: зв. р-ни – з 23,14 мг/дм³ до 38,55 мг/дм³; БСК₅ – з 8,20 мг/дм³ до 9,67 мг/дм³ (ГДКк.п-4,5 мг/дм³, ГДКр.г-2,00 мг/дм³); NO₃ – з 5,73 мг/дм³ до 6,87 мг/дм³ (ГДКр.г-40 мг/дм³); Cl – з 90 мг/дм³ до 91 мг/дм³ (ГДКк.п-350 мг/дм³, ГДКр.г-300 мг/дм³); Fe – з 0,23 мг/дм³ до 0,18 мг/дм³ (ГДКр.г-0,010 мг/дм³).

За результатами прогнозування, значення хімічних показників в оз. Личове на 2023 рік передбачається тенденція до погіршення за такими показниками: БСК₅ – з 5,14 мг/дм³ до 5,49 мг/дм³ (ГДКк.п-4,5 мг/дм³, ГДКр.г-2,00 мг/дм³); ХСК – з 38,52 мг/дм³ до 40,56 мг/дм³ (ГДКк.п-15-30 мг/дм³, ГДКр.г-50 мг/дм³); NO₂ – з 0,19 мг/дм³ до 0,26 мг/дм³ (ГДКр.г-0,08 мг/дм³); NH₄ – з 0,32 мг/дм³ до 0,34 мг/дм³ (ГДКр.г-0,39 мг/дм³); PO₄ – з 1,81 мг/дм³ до 3,04 мг/дм³.

В річці Сіверський Донець на 2024 рік передбачається тенденція до погіршення якості води за такими показниками: Зв. р-ни – з 13,55 мг/дм³ до 14,92 мг/дм³; NH₄ – з 0,65 мг/дм³ до 0,82 мг/дм³ (ГДКр.г-0,39 мг/дм³).

Висновки. Для прогнозування зміни якості води у водних об'єктах була створена геоінформаційна система (ГІС) екологічного моніторингу з додатковими функціями аналізу часових рядів результатів спостережень. Створена геоінформаційна технологія була застосована для аналізу якості води річок Дунай та Сіверський Донець.

За допомогою створеної ГІС були визначені основні тенденції зміни показників якості води дельти річки Дунай. В річці Дунай за більшістю показників спостерігалися тенденції до поліпшення якості води за досліджуваний період, тенденція до погіршення якості води була визначена тільки за показником марганець.

Виявлено, що за рядом хімічних показників вода річки Сіверський Донець (від с. Черкаський Бишкін до смт. Донець) та озер Лиманської групи не відповідає рибогосподарським нормативам якості води. Найбільш часто спостерігається порушення якості води в озері Чайка та Личове, за такими показниками як ХСК, БСК₅, N-NH₄⁺, N-NO₂⁺, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Fe³⁺. За допомогою геоінформаційної технології виконано прогнозування значень показників річки Сіверський Донець (сmt. Донець), озер Чайки та Личове на 2021-2024 рр. Можна вважати достатньо імовірними погіршення якості води в оз. Чайка за такими хімічними показниками, як зважені речовини, ХСК, БСК₅, NO₃⁻, Cl⁻, Fe, в оз. Личове - БСК₅, NH₄⁺, NO₂⁻, PO₄³⁻ та р. Сіверський Донець - NH₄⁺, завислі речовини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васенко А.Г., Брук В.В., Свиридов Ю.В. Геоинформационная система для анализа данных экологического мониторинга украинской части дельты Дуная // Peer-Reviewed Journal. – 2019. – № 4 (21). RS Global Sp. z O.O., Scientific Educational Center, Warsaw – С. 20–
2. Васенко О. Г., Юрченко Л. Л. Дослідження впливу змін гідрологічного режиму на основні гідрохімічні показники стану поверхневих вод дельти Дунаю. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. Зб. наук. праць УКРНДІП. Харків: Райдер, 2016. Вип. XXXVIII. – С. 89-98.
3. Результати комплексного екологічного моніторингу довкілля під час експлуатації глибоководного судового ходу р. Дунай-Чорне море у 2017 році / О. Г. Васенко та ін. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. Зб. наук. ст. XIV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 10-14 вересня 2018 р). Харків: Райдер, 2018. – С. 87-91.
4. Васенко А.Г. О мониторинге состояния окружающей среды в районе размещения Змиевской ТЭС / А.Г. Васенко, Н.В. Старко, Л.Ф. Глушенко и др.// Материалы II Международной научно-практической конференции “Экология: образование, наука, промышленность и здоровье”. – (Белгород, 2004 г.). – Сб. науч. ст. в 2-х т. – Белгород: НИ “Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова”, 2004. – Ч. III. – с. 39-41.
5. Васенко О.Г., Карлюк А. А. Доочищення об'єднаного стоку Зміївської теплової електростанції за допомогою створення гідроспорудження як елемента інтенсифікації процесу самоочищення озера // Екологічні науки. – К. : ДЕА, 2018. – № 3(22). С. 25-30
6. Карлюк А.А. Особливості формування гідрохімічного складу вод оз. Камишувате та оз. Чайки під впливом діяльності Зміївської ТЕС Екологічна безпека: сучасні проблеми та пропозиції. Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Харків, 21 квіт. 2017р.). Том II/ГО «Регіонал. Центр наук.-техніч.розвитку», Харків.держ.наук.б-ка ім. В.Г. Короленка; [укладач: І.В. Бондаренко].-Київ: «Інтерсервіс», 2017.- С 64-68
7. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. — М.: Радио и связь, 1997. — 112 с.
8. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. — М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.
9. О мониторинге состояния окружающей среды в районе размещения Змиевской ТЭС / А.Г. Васенко, В.А. Ермоленко, В.Т. Лысенков, Н.В. та інш. // Вестник БГТУ. – №8 ч. III. – 2004 г. – с. 41-43.
10. Karluk A.A. Scientific journal “The scientific heritage” 14 (14) (2017). Sanitary-bacteriological and hydrochemical characteristics of the lakes of inundative group, located in the zone of the Zmiivska TPP influence. Karluk A.A. // The scientific heritage. (Budapest., Hungary) – 2017. – No 14 (14). – P 66-71.