

УДК 502.5+614.7:049.3

О. Г. Васенко, канд. біол. наук, **О. В. Рибалова**, канд. техн. наук
(УкрНДІЕП),

В. М. Жук

(Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗУ)),

О. В. Козловська

(Харківське регіональне управління водних ресурсів (ХРУВР))

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. УДИ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Аналіз екологічного стану басейну р. Сіверський Донець в Харківській області та оцінка ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні показали, що найбільш забрудненою є річка Уди. У статті вперше визначено вплив зміни кліматичних умов на гідрологічні показники та екологічний стан річки Уди в Харківській області за період 1969-2013 рр. з метою попередження виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру на водних об'єктах.

Ключові слова: кліматичні умови, екологічний стан, ризик для здоров'я населення, гідрологічні показники, поверхневі води, басейн р. Уди, Харківська область.

Відомо, що на формування екологічних проблем і на стан поверхневих вод впливають як природні, так і антропогенні чинники. Глобальне потепління торкнулось більшості країн світу, в тому числі й України, що призводить до виникнення надзвичайних ситуацій — повеней в Західному регіоні, масової загибелі риби на водосховищах країни, погіршення екологічного стану водних об'єктів.

Аналіз надзвичайних ситуацій, наслідком яких стала загибель риби на водосховищах Харківської області, показав, що основною причиною цих явищ є погіршення екологічного стану водних об'єктів, зміна гідрологічного режиму та потепління клімату [1]. Тому дослідження впливу змін клімату в межах Харківської області з визначенням основних тенденцій значень середньорічних температур повітря і річної кількості опадів та їх впливу на гідрологічні показники і екологічний стан водотоків суббасейну р. Сіверський Донець — басейну річки Уди є надзвичайно актуальною задачею при розробці науково-обґрунтованих заходів щодо попередження надзвичайних екологічних ситуацій на водних об'єктах.

Харківська область відноситься до малозабезпечених водними ресурсами регіонів. Формування її водних ресурсів відбувається як за рахунок атмосферних опадів, так і за рахунок зовнішнього при- току із суміжних територій.

Річка Сіверський Донець — головна водна артерія Харківщини — є притокою Дону. На території області ця річка несе свої води протя- гом 375 км (загальна її довжина 1 053 км). Її основні притоки на тер- риторії області — річки Оскіл, Уди, Берека, Харків, Лопань, Сухий Торець, Балаклійка та ін. [2].

Дослідження екологічного стану басейну р. Сіверський Донець є дуже важливим завданням, оскільки ріка є основною в Харківській області, а її басейн займає більшу частину Східної України.

Оцінка якості поверхневих вод суші за узагальненим екологічним індексом [3] характеризує не лише якісний стан, але й природні влас- тивості водних об'єктів, що розглядаються як індикатори структурно- функціонального стану екосистем.

Оцінка екологічного стану басейну р. Сіверський Донець в ме- жах Харківської області здійснена за методикою [3], яку розроблено за участю авторів цієї роботи. Аналіз даних моніторингу р. Сіверський Донець, отриманих у 2013 році, свідчить про те, що в найгіршому стані перебуває річка Уди (рис. 1).

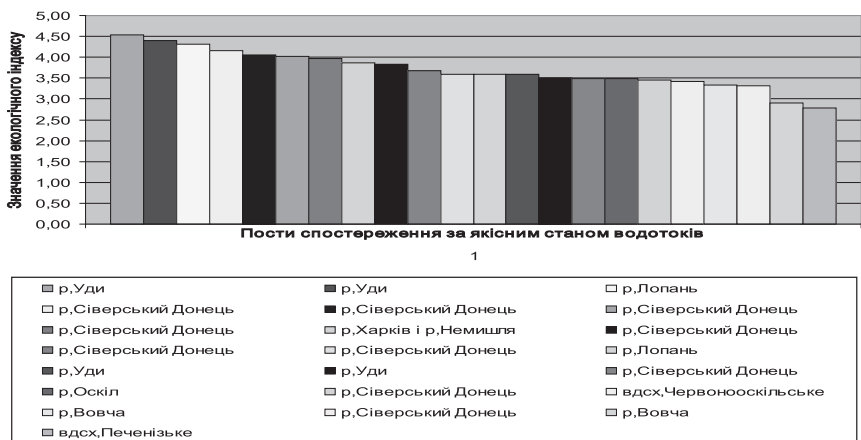


Рис. 1. Ранжування постів спостереження за екологічним станом ба- сейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області.

Екологічний стан р. Уди в смт Есхар за період 1969-2013 рр., оцінений за екологічним індексом [3], представлено на рис. 2.

Динаміка зміни екологічного індексу на посту спостереження р. Уди в смт Есхар за період 1969-2013 рр. показала, що екологічний стан відповідав 5 категорії (незадовільна якість) і 3 класу (задовільний стан) у 1969-1984 рр. та в 2010-2013 рр.

У 1985-1992 рр. екологічний стан р. Уди в смт Есхар відповідав 3 категорії і 2 класу (гарний стан), що пояснюється спадом виробництва та зменшенням антропогенного навантаження на екологічний стан басейну р. Сіверський Донець.

У 1993-2009 рр. екологічний стан р. Уди в смт Есхар відповідав 4 категорії і 3 класу (задовільний стан), що пояснюється відновленням виробництва і збільшенням антропогенного навантаження на екологічний стан басейну р. Сіверський Донець.

Дослідження сучасних методів комплексної оцінки стану водних об'єктів показало, що їх необхідною складовою є оцінка ризику для здоров'я населення з метою визначення рівня небезпеки рекреаційного водокористування [4].

У роботі [4] запропоновано порядок визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування та вперше адаптовано американську методику оцінки ризику для здоров'я населення до української системи моніторингу поверхневих вод.

Відповідно до міжнародної практики [5] окремо розраховуються канцерогенний і неканцерогенний ризику для здоров'я населення. Саме на основі цього методичного підходу було дано оцінку канце-

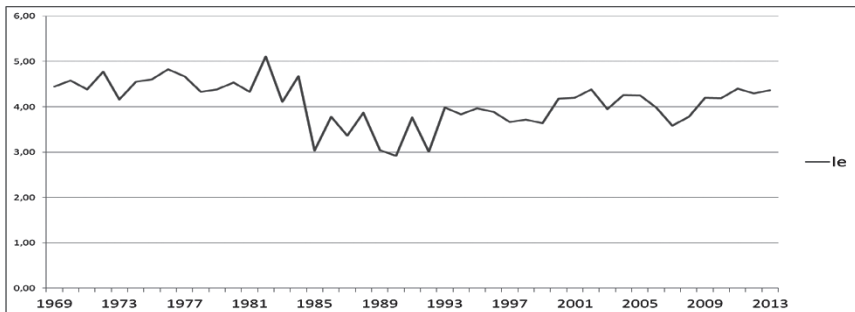


Рис. 2. Екологічний стан р. Уди в смт Есхар у 1969-2013 рр.

1. Класифікація рівнів небезпеки

Рівень небезпеки	Коефіцієнт / індекс небезпеки (HQ/NI)	Характеристика рівня ризику
Мінімальний	$< 0,1$	Ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній
Низький	$0,1 \dots 1,0$	Ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим
Середній	$1,1 \dots 5,0$	Ризик розвитку шкідливих ефектів існує в особливо чутливих підгрупах населення (неприпустимий для населення, припустимий для виробничих умов)
Високий	$5,1 \dots 10,0$	Ризик розвитку несприятливих ефектів існує у більшій частини населення
Надзвичайно високий	> 10	Масові скарги, виникнення хронічних захворювань

рогенного ризику та індексу небезпеки при рекреаційному використанні водних ресурсів р. Сіверський Донець в Харківській області за даними моніторингових спостережень в 2013 році.

Оцінка канцерогенного ризику показала, що він є прийнятним (значення канцерогенного ризику коливаються від $4,742E-06$ на пості спостереження м. Ізюм до $1,525E-05$ на пості спостереження в смт Есхар). Відповідно до міжнародної класифікації рівнів канцерогенного ризику, значення ризику $10^{-4} \dots 10^{-6}$ відповідають низькому рівню небезпеки (припустимий ризик — рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) [4, 5]. Для визначення рівнів прийнятності неканцерогенних ризиків у роботі [6] наведено градацію границь розвитку неканцерогенних ефектів за величиною коефіцієнта небезпеки: надзвичайно високий (>10), високий ($5 \dots 10$), середній ($1 \dots 5$), низький ($0, 1 \dots 1,0$), мінімальний ($< 0,1$) (табл. 1).

Оцінювання неканцерогенного ризику (індексу небезпеки) показало підвищену небезпеку водокористування р. Сіверський Донець, особливо в смт Хорошеве ($NI = 48,5$) та в смт Есхар ($NI = 46,8$), у м. Харків (гірло, $NI = 37,8$), м. Ізюм ($NI = 31,3$) (рис. 3).

Розрахунок індексу небезпеки показав, що при рекреаційному використанні р. Сіверський Донець найбільшою є ймовірність ви-

никнення хвороб печінки (НІ = 9,7), нирок (НІ = 8,5), крові (НІ = 6,8) та серцево-судинної системи (НІ = 4,9).

Ранжування постів спостереження за якісним станом р. Сіверський Донець у Харківській області за величиною індексу небезпеки показало термінову необхідність впровадження природоохоронних заходів у районах розташування смт Хорошеве, смт Есхар та в м. Харків.

Індекс небезпеки (НІ) перевищує значення 45, а якщо індекс небезпеки більше одиниці — вже існує ймовірність виникнення несприятливих ефектів. Тому було проведено дослідження даних щодо стану р. Уди в смт Есхар за період 1969-2013 рр.

Розрахунки показали, що найнижчі значення індексу небезпеки були зафіксовані у 1985-1993 рр., а найвищі — у 1971-1973 рр., 1983-1984 рр., у 1997 р. Упродовж 1994-2013 рр. індекс небезпеки є стабільно високим (зі спадами у 1996-1998 рр., 2006-2008 рр., 2011 р.) і має тенденцію до збільшення.

Високі значення показників обумовлені насамперед перевищеннями концентрацій таких речовин: азот амонійний, азот нітратний, азот нітритний, фосфор фосфатів.

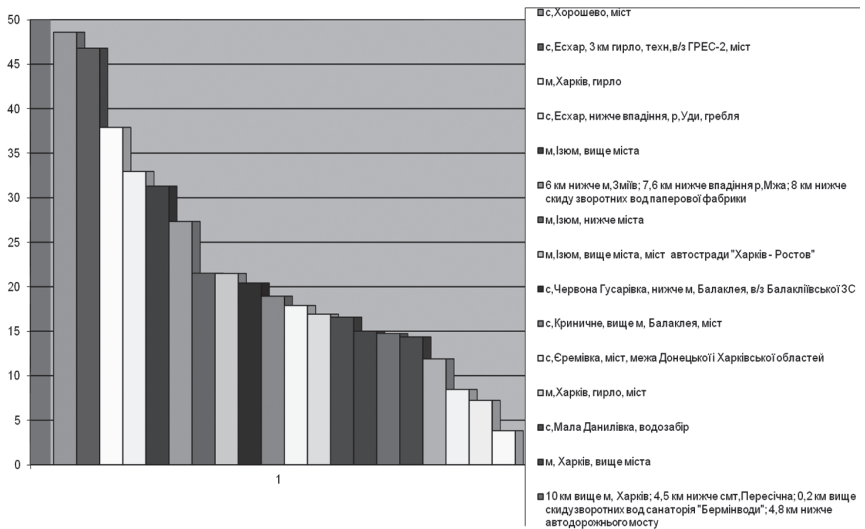


Рис. 3. Ранжування постів спостереження за якісним станом р. Сіверський Донець у Харківській області за індексом небезпеки (2013 р.).

Автори статті [1] довели, що потепління клімату викликає коливання рівневого режиму та впливає як на гідрологічний, так і на гідрохімічний режими поверхневих вод. Не всі фактори впливу однакові за своїм значенням, їх сукупність діє по-різному на окремі компоненти і на екосистему в цілому. Тому надзвичайно важливою задачею, окрім якісної оцінки стану водного об'єкта, є дослідження впливу кліматичних та інших природних чинників. Це дасть змогу більш об'єктивно оцінювати екологічний стан поверхневих вод, а отже, точніше визначати пріоритетні проблеми і тенденції змін у майбутньому, планувати довгострокові природоохоронні заходи.

Аналіз багаторічних спостережень за зміною клімату в Харківській області показав, що в останні десятиліття, а саме з 1992 року, існує тенденція до збільшення середньої температури повітря.

Підвищення температури інтенсифікує гідроліз багатозарядних катіонів, сприяє дегазації води, збільшує токсичність окремих сполук, прискорює біохімічні процеси у воді водойм. Крім того, кожен живий організм має свій оптимальний режим температур; поза межами стійкості гідробіонти гинуть.

Підвищення температури повітря, особливо в літній період, призводить до порушення кисневого режиму, тому визначення тенденцій змін клімату є надзвичайно важливою задачею. Кліматичні параметри впливають як на гідрологічні показники, так і на якісний стан водойм, оскільки окрім прямого мають також опосередкований вплив.

Статистика пропонує безліч методів вивчення зв'язків, вибір яких залежить від цілей дослідження і від поставлених завдань. Було проаналізовано методи вивчення залежностей та обрано кореляційно-регресійний аналіз як один з найпоширеніших методів вивчення зв'язків між показниками.

За обраною методикою [7] із застосуванням результатів розрахунків були побудовані регресійні моделі, розраховані коефіцієнти кореляції, що відображують зв'язок між двома параметрами, та побудовані їх графіки.

Для розрахунків впливу кліматичних показників на гідрологічні було обрано два пости на р. Уди: в смт Пересічне та смт Безлюдівка, дані за 1969-2013 рр. Результати розрахунків впливу річних

опадів і температури на модуль стоку за даними поста спостереження в смт Безлюдівка представлені на рис. 4.

Проаналізуємо отримані результати: коефіцієнт кореляції становить 0,53, коефіцієнт детермінації дорівнює 0,28, нескоригований коефіцієнт детермінації дорівнює 0,246. Отже, існує середня залежність між параметрами.

Побудуємо цю модель, виключивши параметр Var2 — річні опади (рис. 5).

З отриманих результатів видно, що між параметрами «температура річна» і «модуль стоку» існує середня кореляція (коефіцієнт

Regression Summary for Dependent Variable: Модуль стока (Spreadsheet1)						
R= ,53092556 R²= ,28188195 Adjusted R²= ,24685180						
F(2,41)=8,0468 p<,00113 Std.Error of estimate: 64,858						
N=44	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(41)	p-value
Intercept			249,2798	105,7880	2,35641	0,023313
Річні опади, мм	0,168472	0,137252	0,1398	0,1139	1,22746	0,226650
Температура середньорічна	-0,460815	0,137252	-29,7327	8,8558	-3,35743	0,001707

Intercept — модуль стоку, млн м³;

Var2 — річні опади, мм;

Var3 — температура середньорічна, °С.

Рис. 4. Залежність модуля стоку від річних опадів і температури.

Regression Summary for Dependent Variable: Модуль стока (Spreadsheet1)						
R= ,50546277 R²= ,25549261 Adjusted R²= ,23776625						
F(1,42)=14,413 p<,00047 Std.Error of estimate: 65,248						
N=44	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(42)	p-value
Intercept			349,1746	67,99251	5,13549	0,000007
Температура середньорічна	-0,505463	0,133140	-32,6135	8,59049	-3,79646	0,000466

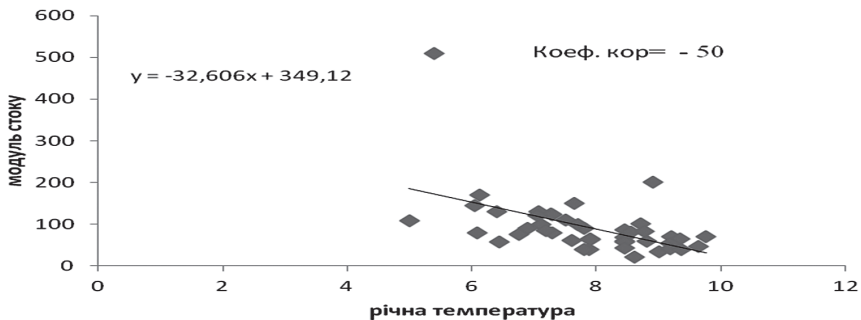
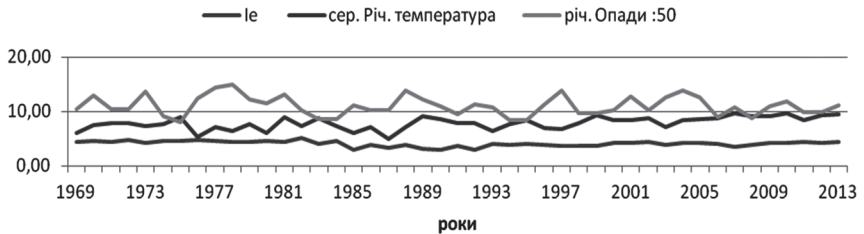


Рис. 5. Залежність модуля стоку від річних опадів.

		Regression Summary for Dependent Variable: Ie (Spreadsheet1)					
		R= ,06631608 R²= ,00439782 Adjusted R²= ----- F(2,42)=,09276 p<,91160 Std.Error of estimate: ,51091					
N=45		b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(42)	p-value
Intercept				4,170840	0,820865	5,081028	0,000008
Річні опади, мм		0,029953	0,159343	0,000168	0,000895	0,187979	0,851799
Температура середньорічна		-0,051950	0,159343	-0,022161	0,067975	-0,326025	0,746024



Intercept — Ie;

Var2 — річні опади, мм;

Var3 — температура середньорічна, °C.

Рис. 6. Вплив температури та опадів на екологічний стан річки Уди за оцінкою екологічного індексу (Ie).

кореляції дорівнює 0,50). Це означає, що модуль стоку на 50% залежить від температури річної і на 50% — від інших показників. Залежність зворотна, отже зі зменшенням температури зростає значення модуля стоку.

Також було проаналізовано вплив кліматичних чинників на екологічний стан р. Уди за оцінкою екологічного індексу (рис. 6).

Проаналізуємо отримані результати: коефіцієнт кореляції становить 0,66, коефіцієнт детермінації дорівнює 0,04. Отже, існує середня залежність між параметрами.

Висновки

Дослідження екологічного стану басейну р. Сіверський Донець та суббасейну р. Уди є дуже важливим завданням, оскільки р. Сіверський Донець є основною в Харківській області, а її басейн займає більшу частину Східної України.

За даними моніторингових досліджень в 2013 р. була проведена оцінка екологічного стану басейну р. Сіверський Донець. Ранжування постів спостереження показало, що найбільш забрудненою є

р. Уди (середнє значення екологічного індексу відповідає 5 категорії і 3 класу).

Стан р. Уди в смт Есхар, за оцінкою ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні, має найгірші значення індексу небезпеки і займає друге місце за канцерогенним впливом на здоров'я населення.

Розрахунки екологічного індексу на посту спостереження р. Уди в смт Есхар за період 1969-2011 рр. показали, що екологічний стан відповідав 5 категорії (незадовільна якість) і 3 класу (задовільний стан) у 1969-1984 рр. та у 2010-2011 рр.; у 1985-1992 рр. екологічний стан відносився до 3 категорії і 2 класу (гарний стан); в період 1993-2009 рр. екологічний індекс відповідав 4 категорії і 3 класу (задовільний стан).

Розрахунки ризику для здоров'я населення показали, що індекс небезпеки є дуже високим і має тенденцію до збільшення зі спадами у 1996-1998 рр., 2006-2008 рр., 2011 р.

Використані методики мають за мету різні цілі і базуються на різних підходах, проте результати оцінок екологічного стану р. Уди у 1969-2013 рр. за цими методиками свідчать про наявність спільних тенденцій.

Динаміка показників стану р. Уди в смт Есхар відображає як природні, так і техногенні та економічні процеси, які є суттєвими факторами впливу на стан водних об'єктів. Побудова кореляційних моделей визначення впливу кліматичних чинників на гідрологічні показники та екологічний стан річки за період 1969-2013 рр. показала необхідність обов'язкового врахування цих чинників у процесі керування водоохоронною діяльністю в басейні р. Сіверський Донець.

1. Рибалова О. В. Аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій масової загибелі риби в Харківській області / О. В. Рибалова, С. В. Белан // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 6/10 (60). — С. 17-21.
2. Сіверський Донець : Водний та екологічний атлас / О. Г. Васенко, А. В. Гриценко, Г. О. Карабаш, П. П. Станкевич [та ін.] / за ред. А. В. Гриценка, О. Г. Васенка. — Х.: ВД «Райдер», 2006. — 188 с.
3. Романенко В. Д. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В. Д. Рома-

- ненко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк [та ін.]. — К.: ВІПОЛ, 2001. — 48 с.
4. Васенко О. Г. Методичні засади визначення екологічної небезпеки рекреаційного водокористування / О. Г. Васенко, А. В. Коробкова, О. В. Рыбалова // *Екологія и промышленность*. — 2013. — № 4 — С. 42-47.
 5. Integrated Risk Information System (IRIS) : [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). — Режим доступу: <http://www.epa.gov/iris>.
 6. Dennis J. Paustenbach Human and ecological risk assessment. Theory and practice. — New York, 2002. — 635 p.
 7. Літнарівич Р. М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу : навч. посібник / Р. М. Літнарівич. — Рівне: МЕРУ, 2011. — 140 с.

Васенко А. Г., Рыбалова О. В., Жук В. М., Козловская О. В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ Р. УДЫ В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Анализ экологического состояния бассейна р. Северский Донец в Харьковской области и оценка риска для здоровья населения при рекреационном водопользовании показали, что наиболее загрязнена р. Уды. В статье впервые определено влияние изменения климатических условий на гидрологические показатели и экологическое состояние р. Уды в Харьковской области за период 1969-2013 гг. с целью предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера на водных объектах.

Ключевые слова: климатические условия, экологическое состояние, риск для здоровья населения, гидрологические показатели, поверхностные воды, бассейн р. Уды, Харьковская область.

Vasenko O. G., Rydalova O. V., Zhuk V. M., Kozlovskaya O. V. DEFINITION OF CLIMATE CONDITIONS ON ENVIRONMENTAL STATUS R. UDY IN KHARKIV REGION

Analysis of the ecological state of the Seversky Donets river basin in the Kharkiv region and risk assessment for public health during recreational water usage showed, that Udy is the most polluted river. For the first time the article determines the impact of climate change on hydrological indicators of ecological state of Udy river in the Kharkiv region for the period 1969 to 2013 with a view to warning the emergencies of natural character on water bodies.

Key words: climatic conditions, ecological state, the risk to public health, hydrological parameters, surface water, r. Udy watershed, Kharkiv region.