

## ЕКОЛОГИЯ

УДК 504.4.062.2:556.52

DOI:10.30977/BUL.2219-5548.2018.81.0.86

ПРОГНОЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ УДИ З УРАХУВАННЯМ  
КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІРибалова О.В., Бригада О.В., Тесленко В.С.,  
Національний університет цивільного захисту України

*Анотація.* Вперше подано довгостроковий прогноз змін клімату в Харківській області та екологічного стану річки Уди методом Хольта–Уінтерса. Прогнозування екологічного стану найбільш забрудненої річки Уди, з урахуванням змін клімату в Харківській області, дасть змогу визначити екологічну складову цільових показників якості поверхневих вод і розробити науково-обґрунтовану водоохоронну стратегію, що являє собою практичну цінність роботи.

*Ключові слова:* екологічний стан, зміни клімату, прогноз, метод Хольта–Уінтерса, річка Уди, Харківська область.

## Вступ

Харківська область відноситься до мало-забезпечених водними ресурсами, але як один з найбільших промислових центрів України потребує їх у достатній кількості та доброї якості, тому прогнозування екологічного стану однієї з найбільш забруднених річок – річки Уди, з урахуванням кліматичних змін, є дуже актуальною задачею.

Аналіз екологічного стану річок Харківської області свідчить про досягнуту межу використання їх водних ресурсів. Методи нормування антропогенного навантаження на водні об'єкти, основані на гігієнічній регламентації, не дозволяють оцінити можливість використання водних ресурсів з дотриманням рівноважного стану водних екосистем. Для розробки науково обґрунтованої водоохоронної стратегії необхідно враховувати як природні, так і антропогенні чинники впливу на екологічний стан водних об'єктів, а також технологічні й фінансові можливості, соціальні потреби регіону. Прогнозні показники можуть бути прийняті як екологічна складова цільових показників якості поверхневих вод.

Дослідження змін клімату показали тенденцію щодо підвищення температури в Харківській області, зменшення кількості опадів, що має безумовний вплив на функціонування водних екосистем. Прогнозування кліматичних змін і екологічного стану річки Уди спрямоване на впровадження ітеративного підходу до управління якістю поверхневих вод у водоохоронну практику України та

її адаптацію до екологічного законодавства країн ЄС, що визначає актуальність цієї публікації.

## Аналіз публікацій

У доповіді Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК) [1] робиться висновок, що з кінця ХІХ століття техногенні індуковані викиди парникових газів сприяли збільшенню глобальних поверхневих температур від приблизно 0,3 до 0,6 °С. На основі сценарію майбутніх викидів парникових газів та аерозолів МГЕЗК очікується подальший приріст температури на 2 °С до 2100 року. Рослини, тварини, природні й керовані екосистеми та населені пункти чутливі до зміни клімату. Глобальне потепління впливає на всі аспекти управління водними ресурсами. Зростання температури, втрата снігових покривів, підвищення рівня моря – лише деякі з наслідків зміни клімату, які мають великі наслідки для управління водними ресурсами.

Висновки доповіді «Глобальні зміни навколишнього середовища: загроза здоров'ю людини», які опубліковані Інститутом Всесвітнього спостереження та Фонду Організації Об'єднаних Націй [2], стверджують, що зміни, які відбуваються у кліматі та екосистемах, загрожують здоров'ю людини (доступ адекватних харчових ресурсів, чистого повітря, чистої води та безпечного житла) і на даний момент є найбільшою проблемою ХХІ століття.

Ефекти від зміни клімату вже відчуваються на погіршенні стану навколишнього природного середовища, якості людського життя та у багатьох галузях економіки. Незважаючи на те, що певні прибутки від зміни клімату відчутні в деяких країнах світу, безумовно, більшість країн матимуть негативні наслідки, причому прибутки та збитки не будуть рівномірно розподілені [3].

Забезпечення потреб населення, промисловості, житлово-комунального і сільського господарства якісною водою є проблемою майже для всіх країн світу, бо споживання води у світі постійно зростає майже в три рази з 1950 року, і з прогнозованим підвищенням температури ця проблема загострюється.

Відповідно до досліджень [4] прогнозується збільшення використання води на всіх континентах, що в умовах змін клімату стає великою проблемою.

Посуха, надмірне зниження рівня підземних вод і опустелювання, ерозія ґрунту, забруднення компонентів навколишнього природного середовища – найбільша проблема, яка стоїть перед світом, що зачіпає всі регіони земної кулі.

Дослідження [5] спрямоване на оцінку впливу зміни клімату на режим руху річок в Європі. При прогнозі враховуються різні характеристики потоку та визначаються різноманітні динаміки для кожної окремої кліматичної зони в Європі. Для моделювання сучасних режимів природного потоку та майбутніх режимів потоку при зміні клімату застосовується глобальна гідрологічна модель WaterGAP3 для поточних та майбутніх умов (2050-ті рр.) [5].

Результати дослідження [5] вказують на те, що в європейському масштабі очікується, що зміни клімату значно змінюють гідрологічний режим річок. Особливо це стосується Середземномор'я з причини зменшення кількості опадів протягом року та в зоні бореального клімату через збільшення кількості опадів та підвищення температури. У помірній кліматичній зоні вплив збільшується від океанічного до континентального.

Зростання температури може потенційно збільшити швидкість випаровування на поверхні та транспірації рослинами, що призводить до зменшення стоку в річках [6].

Зміна клімату прискорить гідрологічний цикл зі зростанням інтенсивності дощів та частою екстремальних погодних явищ [7]. Усі ці наслідки будуть взаємодіяти по-

різному в різних кліматичних зонах, що викликає суттєві зміни в режимах руху річок з великими географічними розбіжностями в напрямках та причинах.

Поруч із кількісними проблемами водних ресурсів, якість води також принципово пов'язана з режимом течії, як описано в [8], особливо коли річки забруднені стічними водами або дифузними джерелами. Модифікації режиму потоку впливають на транспортування та концентрацію хімічних речовин, поживних речовин, солей, кисню та органічних речовин, а також температуру води [9,10]. Крім того, форма річок може бути змінена внаслідок накопичення відкладень та зміни процесів ерозії.

Дослідження [11] показали, що у глобальному вимірі втрата біорізноманіття відбувається значно швидше протягом останніх 30 років. Показник змін складу риб, птахів, рептилій, амфібій та популяцій ссавців, які живуть на прісноводній воді, знизився з 1970 року на 37 % [12]. Ці цифри викликають тривогу, тому Рамкова Директива ЄС (WARTER) 200/60 / ЄЕС [13] вимагає від своїх держав-членів захищати та відновлювати водні об'єкти в Європі з метою досягнення «доброго екологічного статусу» для більшості річок.

Сучасні дослідження впливу змін клімату на стан водних екосистем показали актуальність і необхідність прогнозування кліматичних змін і екологічного стану річки Уди, з метою вдосконалення системи управління якістю поверхневих вод та її адаптацією до екологічного законодавства країн ЄС.

#### Мета і постановка завдання

Метою цієї публікації є прогнозування екологічного стану річки Уди з урахуванням кліматичних змін у Харківській області для наукового обґрунтування водоохоронної стратегії. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- оцінити екологічний стан р. Сіверський Донець та р. Уди в межах Харківської області;

- прогнозування змін температури та обсягів опадів у Харківській області на основі багаторічних спостережень за цими показниками;

- прогнозування якості р. Уди з урахуванням кліматичних змін за методом Хольта–Уінтерса.

### Прогноз екологічного стану р. Уди

Клімат Харкова має середню континентальність. Середньорічна температура – 8,1 °С, середньорічна кількість опадів – 515 мм, середньорічна швидкість вітру – 4,0 м/с, середньорічна вологість повітря – 74 %.

Харків розташований на п'ятьох пагорбах і має перепад висот між верхньою й нижньою крапками більше 115 метрів. Тому холодне повітря взимку рухається з верхніх точок униз, звичайно, в долини річок, і знижує там температуру.

Опади в місті випадають досить рівномірно. Як і у всьому помірному поясі, опадів випадає найбільше в літні місяці; пов'язане це, головним чином, з переміщенням Сонця по екліптиці, його високе положення над об'єктом стимулює випар вологи й формування дощів і гроз. Самий вологий місяць – липень, у нормі якого 67 мм опадів.

У цілому зволоження міста недостатньо, випаровуваність перевищує зволоження. Тому місто іноді зустрічається із проблемою недостатнього зволоження ґрунту (ґрунтової посухи). Атмосферна посуха – порівняно часте явище й може бути неодноразово протягом року.

Невеликі й середні відхилення від норми бувають часто, чітко в межах норми температура повітря звичайно не лежить. Відхилитися від норми температура може в будь-якому напрямку й у будь-який час року.

У цілому ж літо стало суттєво більш жарким, а зими – більш м'якими. Так, вересень і травень стали в більшості років додатковими літніми місяцями; таким чином, тривалість кліматичного літа в місті продовжує зростати й наближається до 5 місяців. Листопад і березень же звичайно мають середню плюсову температуру. Середня температура лютого практично підійшла впритул до січної: викликане це зниженням активності Атлантики в передвесняний період.

Прогноз зміни температури в Харківській області на основі спостереження за середньорічною температурою за період з 1969 року по 2016 рік показав підвищення температури на 1,7 °С з 9,9 °С в 2016 році до 11,6 °С в 2025 році (рис. 1).

Прогноз зміни обсягів опадів до 2025 року в Харківській області на основі спостереження за період з 1969 року по 2015 рік показав незначне зменшення опадів на 31,7 мм з 536,5 мм в 2015 році до 504,78 в 2025 році (рис. 2).

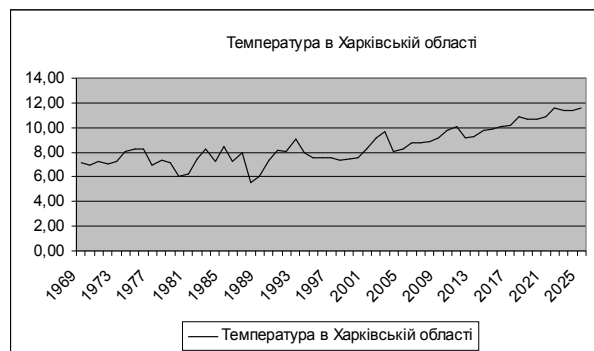


Рис. 1. Прогноз зміни температури до 2025 року в Харківській області

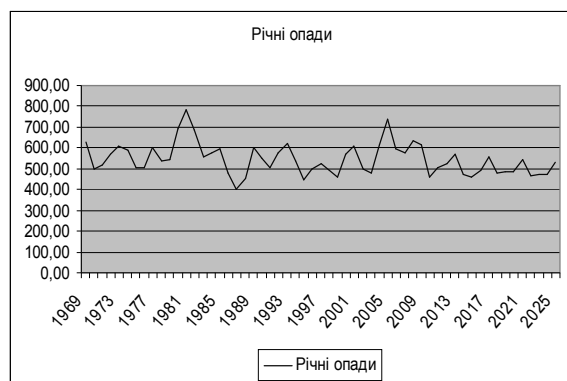


Рис. 2. Прогноз зміни опадів до 2025 року в Харківській області

Оцінка екологічного стану басейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області здійснена за методикою [14]. Рангування постів спостереження за екологічним станом басейну р. Сіверський Донець в Харківській області показало, що в найгіршому стані знаходиться річка Уди в с. Хорошево та смт. Есхар. Значення екологічного індексу Іе на постах спостереження в с. Хорошево та смт. Есхар відповідає 5-й категорії (незадовільна якість) і 3-му класу (задовільний стан).

Оцінка ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні показала, що в найгіршому стані знаходиться р. Уди в смт. Есхар [15, 16].

Таким чином, оцінка екологічного індексу та ризику для здоров'я населення при рекреаційному водокористуванні басейну річки Сіверський Донець показала, що найгірша якість води спостерігається в р. Уди в смт. Есхар. Саме з цієї причини для більш детального дослідження було обрано цю річку.

Басейн р. Уди є однією з найбільших приток річки Сіверський Донець та має транскордонний характер. Загальна довжина річки – 164 км, з них 127 км протікає територією Харківської області. Загальна площа водозбору – 3894 км<sup>2</sup>, з них 3460 км<sup>2</sup> знаходяться в Харківській області [17].

Річка Уди має багато приток, серед яких найбільшими є річки: Лопань (довжина – 96 км, площа водозбірного басейну – 2000 км<sup>2</sup>) з притокою Харків (78 км, 1120 км<sup>2</sup>), Рогозянка (25 км, 164 км<sup>2</sup>), Роганка (31 км, 189 км<sup>2</sup>), Студенок (15 км, 80 км<sup>2</sup>) та інші [17]. Річки басейну р. Уди найбільш багатоводні. Живлення р. Уди в основному снігове, меншу роль відіграє дощове та ґрунтове живлення. В період весняного сніготанення, звичайно на початку березня, русло швидко наповнюється, річка виходить зі своїх берегів та розливається на луговій терасі, перетворюючись на велику річку [17].

Річка Уди протікає територією центрального економічного регіону в п'ятьох адміністративних районах Харківської області, що спричиняє негативний вплив на її якісний стан.

Оцінка екологічного стану басейну р. Уди в Чугуївському районі Харківської області за період з 1964 по 2015 рік, в основному, відповідає 4-й категорії за екологічною класифікацією [14] (рис. 3) [18, 19].

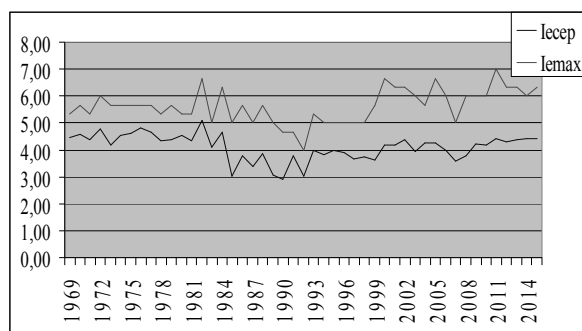


Рис. 3. Динаміка зміни екологічного індексу в р. Уди в смт. Есхар за період з 1964 по 2015 рік

Динаміка змін середньорічної температури в Харківській області та середнього екологічного індексу в р. Уди (сmt. Есхар) за період з 1969 року по 2015 рік представлено на рис. 4. Визначення коефіцієнта кореляції впливу середньорічної температури в Харківській області на модуль стоку в р. Уди в смт. Есхар за період з 1969 року по 2015 рік показав, що модуль стоку має залежність від температури повітря. Зміни клімату в Харківській області впливають на гідрологічний режим річки Уди в смт. Есхар. Для визначення причин забруднення річки потрібно досліджувати також інші фактори впливу (антропогенний тиск, раціональність використання водозбірної площі, дифузні джерела забруднення тощо).

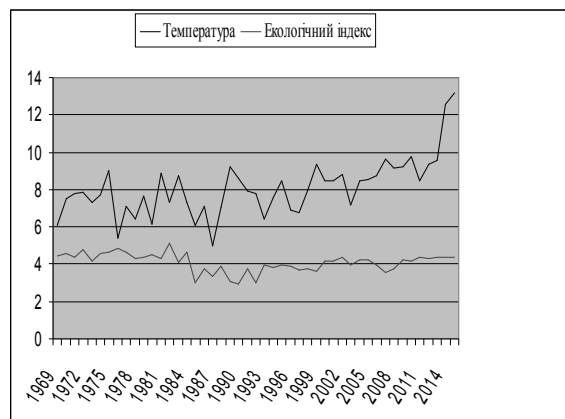


Рис. 4. Динаміка змін середньорічної температури в Харківській області та середнього екологічного індексу в р. Уди (сmt. Есхар) за період з 1969 р. по 2015 р.

Дослідження помісячних і середньорічних коливань вмісту окремих показників екологічного стану в р. Уди в смт. Есхар за період з 1998 року по 2015 рік показали, що вони різко змінювались протягом років, тому для прогнозу річки обрано метод потрійного експонентного згладжування тимчасового ряду Хольта–Уінтерса, який дозволяє робити як середньострокові, так і довгострокові прогнози, оскільки він здатний виявляти мікротренди у моменти часу, безпосередньо попередні прогнозам, і екстраполювати ці тренди на майбутнє [20]. Прогноз екологічного стану р. Уди в смт. Есхар показав, що за значенням середнього екологічного індексу в 2025 році відповідатиме 5-й категорії (посередній стан), III клас – задовільний стан. Прогноз екологічного стану р. Уди в смт. Есхар показав, що за значенням максимального екологічного індексу в 2030 році відповідатиме 7-й категорії, V класу – дуже поганий стан (рис. 5).



Рис. 5. Динаміка змін максимального екологічного індексу в р. Уди (сmt. Есхар) за період з 1969 р. по 2030 р.

Розрахунки прогнозних гідрохімічних показників якості поверхневих вод р. Уди показали, що більшість показників не відповідають вимогам рибогосподарського водокористування (табл. 1).

Вимоги українського екологічного законодавства дотримання ГДК для рибогосподарського водокористування успадковані від водоохоронної політики колишнього Радян-

ського Союзу і суперечать ітеративному підходу до управління якістю поверхневих вод країн Європейського Союзу [21].

В Україні віднесення водойм до рибогосподарського водокористування часто здійснюється апіорі, незалежно від того, чи відповідає фактична якість вод рибогосподарським ГДК.

Таблиця 1 – Відповідність сучасних і прогнозних гідрохімічних показників якості річки Уди вимогам рибогосподарського і господарсько-побутового водокористування

Найменування показника	Відповідність сучасних концентрацій ГДК <sub>рг</sub>	Відповідність сучасних концентрацій ГДК <sub>гп</sub>	Відповідність прогнозних концентрацій ГДК <sub>рг</sub>	Відповідність прогнозних концентрацій ГДК <sub>гп</sub>
Сухий залишок	0,76	0,76	0,81	0,81
Сульфати	2,13	0,43	2,11	0,42
Хлориди	0,26	0,22	0,28	0,24
Азот амонійний	3,31	0,65	4,26	0,83
Азот нітритний	10,60	0,21	5,25	0,11
Азот нітратний	0,53	0,47	0,40	0,36
Фосфати	18,59	0,90	18,65	0,91
БСК <sub>5</sub>	1,82	0,91	1,07	0,53
Амоній сольовий	3,32	3,32	4,26	4,26
Мідь	7,00	0,01	9,10	0,01
Нафтопродукти	4,00	0,67	4,40	0,73
Залізо загальне	2,30	0,77	2,70	0,90
Магній	0,64	0,51	0,68	0,54
Хром <sup>+6</sup>	2,80	0,06	2,50	0,05
СПАР	0,30	0,06	0,70	0,14

Ряд рибогосподарських і санітарно-гігієнічних ГДК радянської епохи відповідають майже недоторканій якості вод з дуже низькими рівнями порушення внаслідок антропогенної діяльності. Хоча досягнення якості поверхневих вод, близької до їхнього природного стану, є надзвичайно амбіційною метою, українське екологічне законодавство вимагає негайного дотримання ГДК для рибогосподарського водокористування.

Так, дані табл. показали, що не відповідають ГДК рибогосподарського водокористування гідрохімічні показники якісного стану р. Уди в 2015 році, а також прогнозні гідрохімічні показники на 2025 рік. Тобто постає питання, чи змінити вид водокористування, чи оцінити технологічні можливості й фінансові ресурси для досягнення нормативів рибогосподарського водокористування.

У країнах-членах Європейського Союзу, на відміну від українського екологічного законодавства і практики управління водоохо-

ронною діяльністю, впроваджено ітеративний підхід до управління якістю поверхневих вод, який передбачає встановлення загальних цілей, конкретних цільових показників, погоджених і бажаних видів водокористування й функцій, з урахуванням існуючої та прогнозної якості вод і наявних фінансових ресурсів та технологічних можливостей.

Програмою управління якістю вод на період від п'яти до десяти років повинні передбачатися цільові показники із установленими строками їхнього досягнення по класах водокористування для конкретних водних об'єктів і заходи для їхнього виконання. Якщо аналіз економічної доцільності показує, що виконати деякі цільові показники у встановлений термін неможливо, вони повинні бути переглянуті у бік зм'якшення вимог [21, 22].

У наш час, коли наша країна прагне до вступу в ЄС, необхідною є адаптація українського екологічного законодавства до законодавства країн-членів Європейського Сою-

зу. Сучасна практика застосування ГДК для оцінювання якості поверхневих вод і розробки гранично допустимих скидів (ГДС) для точкових джерел забруднення суперечить основним принципам Водної Рамкової Директиви (ВРД), яка розглядає гідробіологічні параметри як ефективні показники забруднення й значущі для функціонування екосистем, оскільки для опису і прогнозування стану водних екосистем фізико-хімічних параметрів не досить.

В основі гранично допустимих скидів повинні лежати найкращі доступні технічні методи або передбачені законодавством нормативи скидів (технічний підхід), за винятком випадків, коли застосовний норматив / цільовий показник якості поверхневих вод накладає більш тверді обмеження на скидання (підхід на основі якості навколишнього середовища).

Для управління якістю поверхневих вод транскордонних річкових басейнів основним нормативним документом є Конвенція ЕЖ ООН по охороні й використанню трансграничних водотоків і міжнародних озер (Хельсінкі, 1992 р.). Вона спеціально спрямована на посилення заходів на рівні країн по охороні трансграничних поверхневих і ґрунтових вод і управлінню ними на принципах екологічної стабільності. Сторонами Водної конвенції є наступні країни СЕКЦА: Азербайджан, Білорусь, Казахстан, Молдова, Російська Федерація, Україна й Узбекистан. Її стаття 3 закликає країни «визначати там, де це доцільно, цільові показники якості вод і затверджувати критерії якості вод для запобігання, обмеження й скорочення трансграничного впливу».

Прогнозні показники екологічного стану річки Уди можна використовувати в якості екологічної складової цільових індикаторів водоохоронної стратегії.

### Висновки

Басейн р. Уди є однією з найбільших приток річки Сіверський Донець, має транскордонний характер і протікає територією великого індустріального центру, який здійснює на річку антропогенний тиск, тому прогноз її екологічного стану з урахуванням кліматичних змін у Харківській області є дуже актуальною задачею.

Оцінка екологічного стану басейну р. Сіверський Донець у межах Харківської області показала, що в найгіршому стані знаходиться річка Уди в с. Хорошево та

с.мт. Есхар. Значення екологічного індексу  $I_e$  на постах спостереження в с. Хорошево та с.мт. Есхар відповідає 5-й категорії (незадовільна якість).

Оцінка екологічного стану р. Уди в Чугуївському районі Харківської за період з 1964 по 2015 рік показала, що річка знаходиться в поганому стані. Значення середнього екологічного індексу відповідає 4-й категорії за екологічною класифікацією.

Прогноз зміни температури в Харківській області на основі спостереження за середньорічною температурою за період з 1969 року по 2016 рік показав підвищення температури на 1,7 °С з 9,9 °С в 2016 році до 11,6 °С в 2025 році.

Прогноз зміни обсягів опадів до 2022 року в Харківській області на основі спостереження за період з 1969 року по 2015 рік показав незначне зменшення опадів на 31,7 мм з 536,5 мм в 2015 році до 504,78 в 2022 році.

На основі досліджень кліматичних змін у Харківській області і екологічного стану річки Уди в с.мт. Есхар за період з 1969 року по 2015 рік встановлено, що зміни клімату впливають на гідрологічний режим річки.

У статті вперше представлено прогноз якості р. Уди з урахуванням кліматичних змін методом Хольта–Уінтерса. Аналіз і сучасного, і прогнозного стану показав необхідність впровадження ітеративного підходу до управління якістю поверхневих вод.

### Література

1. Impacturi ale schimbarilor climatice in Europa-2008. Evaluare pe baza de indicatori, AEM Report NO. 4/2008 AEM.
2. Global Environmental Change: The Threat to Human Health, published by Worldwatch Institute and United Nations Foundation (Myers, 2009).
3. Holmes J. Climate change and water resources, WaterAid 288701, May 2007.
4. World water resources at the beginning of the 21 st century: Summary of the monograph prepared in the framework of IHP UNESCO, State Hydrological Institute.
5. Schneider C. How will climate change modify river flow regimes in Europe? / C. Schneider Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, 325–339, 2013 [www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/325/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/325/) 2013.
6. Frederick K.D. Climate change and water resources / K.D. Frederick, D.C. Major, Climatic Change, 37, 7–23, 1997.

7. Milly P.C.D. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? / P.C.D. Milly, J. Betancourt, M. Falkenmark and ed. Science, 2008, 319. – P. 573–574.
8. Nilsson C. Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management / C. Nilsson, B.M. Renofalt/ Ecol. Soc., 13, available at: <http://www.ecologyandsociety.org/articles/2588.html> (last access: August 2012), 2008.
9. Florke M. Will climate change affect the electricity production sector? / M. Florke, I. Barlund, E. Kynast. A European study, Water Clim. Chang., 3. – P. 44–54.
10. Florke M. Pan-European freshwater resources in a changing environment: how will the Black Sea region develop? / M. Florke, I. Barlund, C. Schneider, E. Kynast. Water Sci. Technol., 2012. 12.5, P. –563–572,
11. Jenkins M. Prospects for biodiversity / M. Jenkins // Science. – 2003. – 302. – P. 1175–1177.
12. Grooten M. Living Planet Report 2012: biodiversity, biocapacity and better choices (WWF) / M. Grooten, R. Almond, R. McLellan, Available at: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/) (last access: 27 June 2012), 2012.
13. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60 ЄС. Основні терміни та їх визначення. EU Water Framework Directive 2000/60 ЄС Definitions of Main Terms – Київ, 2006. – 240 с.
14. Романенко В.Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: Символ–Т, 1998. – 28 с.
15. Рибалова О.В. Визначення екологічної небезпеки водокористування басейну р. Сіверський Донець в Харківській області / О.В. Рибалова, С.В. Белан, О.В. Козловська // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 60. – С. 128–132.
16. Екологічна небезпека рекреаційного водокористування басейну річки Сіверський Донець в Чугуївському районі Харківської області / О.В. Рибалова, С.В. Белан, О.В. Козловська, О.О. Ромашова // Всеукраїнська наук.-практ. конф. (26 квітня 2013, м. Київ). – Київ, 2013. – С. 16–18.
17. Комплексні експедиційні дослідження екологічного стану водних об'єктів басейну р. Уди (суббасейну р. Сіверський Донець) / О.Г. Васенко, М.Л. Лунгу, Ю.А. Ільєвська, О.В. Климов та ін. / Під ред. О.Г. Васенко. – Х.: ВД «Райдер», 2006. – 156 с.
18. Рибалова О.В. Порівняльний аналіз розвитку деградаційних процесів в водотоках басейну річки Уди в Харківській області / О.В. Рибалова, В.С. Тесленко // Materials of the XII International scientific and practical conference Conduct of modern science-2016 .Vol. 18. Geography and geology. Chemistry and chemical technology. Mathematics. Physics. Sheffield. Science and education LTD. – P. 20–27.
19. Рибалова О.В. Екологічний стан басейну річки Уди в Харківській області / О.В. Рибалова, В.С. Тесленко // Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. – Харків: НУЦЗУ, 2017. – С. 448.
20. Winters P.R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages / P.R. Winters // Management Science. – 1960. – Vol. 6. – №3.
21. Rybalova O. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration / O. Rybalova, S. Artemiev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 5/10 (89). – P. 67–76.
22. Рибалова О.В. Загальні принципи визначення комплексу водоохоронних заходів / О.В. Рибалова, В.С. Тесленко // Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (студентська секція): матеріали щорічної міжнародної науково-технічної конференції, Харків, 25–26 квітня 2017. – С. 122–124.

#### References

1. Impacturi ale schimbarilor climatice in Europa-2008. Evaluate pe baza de indicatori, AEM Report NO. 4/2008 AEM.
2. Global Environmental Change: The Threat to Human Health, published by Worldwatch Institute and United Nations Foundation (Myers, 2009).
3. Holmes, J. (2007). Climate change and water resources, WaterAid 288701, May 2007.
4. Summary of the monograph «World water resources at the beginning of the 21 st century» prepared in the framework of IHP



- UNESCO, State Hydrological Institute  
Email: [sasha@eos.sr.unh.edu](mailto:sasha@eos.sr.unh.edu)
5. Schneider, C., Laizé, CLR, Acreman, MC, Flörke, M. (2013). How will climate change modify river flow regimes in Europe? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 325-339, [www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/325/2013/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/325/2013/) doi:10.5194/hess-17-325-2013.
  6. Frederick, K.D., Major, D.C. (1997). Climate change and water resources, *Climatic Change*, 37, 7-23.
  7. Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P., and Stouffer, R.J. (2008). Stationarity Is Dead: Whither Water Management?, *Science*, 319, 573-574, doi:10.1126/science.1151915.
  8. Nilsson, C., Renofalt, B.M. (2008). Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management, *Ecol. Soc.*, 13, available at: <http://www.ecologyandsociety.org/articles/2588.html>.
  9. Florke, M., Barlund, I., and Kynast, E. (2012). Will climate change affect the electricity production sector? A European study, *Water Clim. Chang.*, 3, 44-54, doi:10.2166/wcc.2012.066.
  10. Florke, M., Barlund, I., Schneider, C., Kynast, E. (2012). Pan-European freshwater resources in a changing environment: how will the Black Sea region develop?, *Water Sci. Technol.*, 12.5, 563-572.
  11. Jenkins, M. (2003). Prospects for biodiversity, *Science*, 302, 1175-1177.
  12. Grooten, M., Almond, R., and McLellan, R. (2012). Living Planet Report 2012: biodiversity, biocapacity and better choices (WWF), available at: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/) (last access: 27 June 2012).
  13. EU Water Framework Directive 2000/60 EC Definitions of Main Terms. Kyiv, 2006, 240.
  14. Romanenko, V.D., Zhukynskyj, V.M., Oksiiuk, O.P. (1998). *Metodyka ekolohichnoi otsinky iakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymi katehoriiami* [Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. Kyiv: Symvol-T, 28 [in Ukrainian].
  15. Rybalova, O.V., Bielan S.V., Kozlovska O.V. (2013). Vyznachennia ekolohichnoi nebezpeky vodokorystuvannia basejnu r. Siverskyj Donets v Kharkivskij oblasti [Determination of the environmental hazard of water use in the basin of the Siversky Donets River in the Kharkiv region]. *Vestnyk Kharkovskoho natsyonal'noho avtomobylno-dorozhnoho unyversyteta - Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*. Kharkov, 60, 128-132 [in Ukrainian].
  16. Rybalova, O.V., Bielan, S.V., Kozlovska, O.V., Romashova, O.O. (2013). Ekolohichna nebezpeka rekreatsijnoho vodokorystuvannia basejnu richky Siverskyj Donets v Chuhuivs'komu rajoni Kharkivskoi oblasti [Ecological danger of recreational water use of the Siversky Donets River basin in the Chuguevsky district of the Kharkiv region]. *Vseukrainska nauk.-prakt. konf. [All-Ukrainian scientific-practical conference]* (26 kvitnia 2013, m. Kyiv). Kyiv, 16-18 [in Ukrainian].
  17. Vasenko, O.H., Lunhu, M.L., Ilievskaia, Yu.A., Klymov, O.V. ta in. (2006). Kompleksni ekspedytsijni doslidzhennia ekolohichnoho stanu vodnykh ob'ektiv basejnu r. Udy (subbasejnu r. Siverskyj Donets) [Complex expeditionary studies of the ecological state of water bodies of the Udy river basin (sub-basin of the river Siversky Donets)]. *Pid red. O.H. Vasenko. Kh.: VD «Rajder», 156* [in Ukrainian].
  18. Rybalova, O.V., Teslenko, V.S. Porivnial'nyj analiz rozvytku dehradatsijnykh protsesiv v vodotokakh basejnu richky Udy v Kharkivs'kij oblasti [Comparative analysis of the degradation processes in the Udy river basins in the Kharkiv region]. *Materials of the XII International scientific and practical conference Conduct of modern science-2016*, 18. Geography and geology. Chemistry and chemical technology. Mathematics. Physics. Sheffield. Science and education LTD, 20-27 [in Ukrainian].
  19. Rybalova, O.V., Teslenko, V.S. Ekolohichnyj stan basejnu richky Udy v Kharkivs'kij oblasti [The ecological state of the Udy river basin in the Kharkiv region]. *Problemy ta perspektyvy zabezpechennia tsyvil'noho zakhystu: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh - Problems and perspectives of providing civil protection: materials of the international scientific-practical conference of young scientists*. Kharkiv: NUTsZU, 448 [in Ukrainian].
  20. Winters, P.R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6, 3.



21. Rybalova, O., Artemiev, S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/10 (89), 67-76.
22. Rybalova, O.V., Teslenko, V.S. (2017). Zahalni pryntsyipy vyznachennia kompleksu vodookhoronnykh zakhodiv [General principles for defining a complex of water protection measures]. *Ekolohichna i tekhnohenna bezpeka. Okhrona vodnoho i povitrianoho basejnyv. Utylizatsiia vidkhodiv (studentska sektsiia): Materialy schorichnoi mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii - Ecological and technogenic safety. Protection of water and air basins. Waste utilization (student section): Materials of the annual international scientific and technical conference*, Kharkiv, 122-124 [in Ukrainian].

**Рибалова Ольга Володимирівна, к.т.н., доц., кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, +38-067-417-47-89, [olgarybalova@ukr.net](mailto:olgarybalova@ukr.net)**

**Бригада Олена Володимирівна, к.т.н., доц., кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, +38-050-822-71-17, [ebrigada@gmail.com](mailto:ebrigada@gmail.com)**

**Тесленко Вікторія Сергіївна, студентка, +38-096-862-38-44, [yiki.tess@mail.ru](mailto:yiki.tess@mail.ru)  
Національний університет цивільного захисту України, 61023, м. Харків, Україна, вул. Чернишевська, 94.**

#### ПРОГНОЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ УДЫ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Рыбалова О.В., Бригада Е. В., Тесленко В.С.,  
Национальный университет гражданской защиты Украины**

*Аннотация.* Впервые представлен долгосрочный прогноз изменений климата в Харьковской области и экологического состояния реки Уды методом Хольта-Уинтерса. Прогнозирование экологического состояния наиболее загрязненной реки Уды с учетом изменений климата в Харьковской области позволит определить экологическую составляющую целевых показателей качества поверхностных вод и разработать научно-обоснованную водоохранную стратегию, что представляет практическую ценность работы.

**Ключевые слова:** экологическое состояние, изменения климата, прогноз, метод Хольта-Уинтерса, река Уды, Харьковская область.

#### FORECASTING ECOLOGICAL STATE OF THE UDY RIVER CONSIDERING CLIMATE CHANGE IN KHARKIV REGION

**Rybalova O., Brigada E., Teslenko V.,  
National University of Civil Defence of Ukraine**

**Abstract. Problem.** An analysis of the ecological state of rivers in Kharkiv region shows that the limit for using their water resources has been reached. Methods for rationing anthropogenic load on water bodies, based on sanitation and hygiene regulations, do not allow assessing the possibility of using water resources with observation of the equilibrium state of aquatic ecosystems. Recent studies on the impact of climate change on the state of aquatic ecosystems have shown the urgency of the need for forecasting climate change and the ecological state of the Udy River for the purpose of improving the system of surface water quality management and its adaption to EU environmental legislation. **Goal.** The purpose of the article is to forecast the ecological state of the Udy River considering climate change in tKharkiv region for providing scientific substantiation of the water conservation strategy. **Methodology.** The Holt-Winters method has been used in the work. It provides an opportunity to predict time series when there is a trend and seasonality in the data structure. The advantage of this method is the ability to make a long-range forecast. **Results.** The assessment of the ecological state of the Siversky Donets River basin located in Kharkiv region has been carried out. It has shown that the Udy River running through village Khoroshevo and urban area Eskhar is in the worst state. According to the assessment of the ecological state of the Udy River basin in the Chuhuevsky district of Kharkiv region, which has been performed for the period from 1964 to 2015, the river is in poor state. The forecast of changes in rainfall until 2022 in Kharkiv region performed on the basis of observations for the period from 1969 to 2015 has shown a slight decrease in precipitation by 31.7 mm from 536.5 mm in 2015 to 504.78 mm in 2022. On the basis of the research on climate change in Kharkiv region and the ecological state of the Udy River in urban area Eskhar (1969-2015) it has been found out that climate change has a significant impact on the hydrological regime of the river. **Originality.** The quality prediction for the Udy River is presented in the article for the first time considering climate change by the Holt-Winters method. The analysis of the current and the projected state has revealed the need to implement an iterative approach to surface water quality management. **Practical value.** The projection data of the ecological state of the Udy River can be used as ecological component of the target indicators of the water conservation strategy.

**Key words:** ecological state, climate change, forecast, Holt-Winters method, the Udy River, Kharkiv region.