

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій**

**Національна академія наук України**

**Український гідрометеорологічний інститут**

**МЕТЕОРОЛОГІЯ,  
ГІДРОЛОГІЯ,  
МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ  
В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ  
СЬОГОДЕННЯ**

*Матеріали*

*Всеукраїнської конференції молодих учених*

*(видано за підтримки Європейського центру середньострокових прогнозів погоди  
в рамках програми Копернікус – ECMWF Copernicus)*

*16-17 листопада 2016 р.*

Київ – 2016

**УДК 551.5/.4 + 556.5/.1 + 519.6**

Метеорологія, гідрологія, моніторинг довкілля в контексті екологічних викликів сьогодення: Мат. Всеукр. конф. молодих учених (16-17 листопада, м. Київ). – К.: Ніка-Центр, 2016. – 194 с.

Науковий комітет конференції:

Набиванець Ю.Б. (к.геогр.н., заступник директора з наукових питань УкрГМІ); Мартазінова В.Ф. (д.фіз.-мат.н., професор, зав. відділу кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрГМІ); Тимофеев В.Є. (д.геогр.н., доцент, ст.н.с. відділу кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрГМІ); Балабух В.О. (к.геогр.н., ст.н.с., зав. відділу синоптичної метеорології УкрГМІ); Горбачова Л.О. (к.геогр.н., ст.н.с., зав. відділу гідрологічних досліджень УкрГМІ); Осадча Н.М. (д.геогр.н., ст.н.с., зав. відділу гідрохімії УкрГМІ); Войцехович О.В. (к.геогр.н., зав. відділу радіаційного моніторингу природного середовища УкрГМІ); Протасов О.О. (д.біол.н., професор, пров.н.с. відділу агрометеорологічних досліджень УкрГМІ).

**У збірнику вміщено матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених «Метеорологія, гідрологія, моніторинг довкілля в контексті екологічних викликів сьогодення», у яких комплексно та всебічно розглянуто актуальні проблеми сучасної метеорології, гідрології та моніторингу довкілля та окреслено шляхи їх вирішення. Конференція проходила 16-17 листопада 2016 року в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України ([www.uhmi.org.ua](http://www.uhmi.org.ua)) за підтримки Європейського центру середньострокових прогнозів погоди та програми Європейської Комісії Копернікус (ECMWF Copernicus, [www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu))**

Рекомендовано до друку науковим комітетом конференції

**Відповідальний за випуск – Москаленко С.О.**

**Відповідальний секретар – Гузієнко І.А.**

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за добір і точність наведених цитат, формул, власних імен та інших відомостей. Підтримка видання ECMWF Copernicus жодним чином не вказує на те, що ECMWF схвалює будь-які рекомендації чи висновки, що публікуються авторами. Жодні з опублікованих матеріалів не рецензувалися ECMWF Copernicus.

Адреса редакційної колегії:

03028, м. Київ, проспект Науки, 37,

Український гідрометеорологічний інститут, тел. (044) 525-12-50

ISBN 978-966-7067-19-9

© Український гідрометеорологічний інститут

Meteorology, Hydrology and Environmental Monitoring in the Context of Contemporary Ecological Challenges: Proceedings of the All-Ukrainian conference for young scientists (16-17<sup>th</sup> of November, Kyiv, Ukraine). – K.: Nika-Center, 2016. – 194 p.

Scientific Committee of the Conference:

Nabyvanets Yu.B. (PhD, deputy director for science of UHMI); Martazinova V.F. (Dr.Hab., Prof., head of the Department for climatic researches and long-range weather forecasts of UHMI); Tymofeev V.Ye. (Dr.Hab., senior scientist of the Department for climatic researches and long-range weather forecasts of UHMI); Balabukh V.O. (PhD, head of the Department for synoptic meteorology of UHMI); Gorbachova L.O. (PhD, head of the Department for hydrological research of UHMI); Osadcha N.M. (Dr.Hab., head of the Department for hydrochemistry of UHMI); Voitsehovyich O.V. (PhD, head of the Department of Environment Radiation Monitoring UHMI); Protasov O.O. (Dr.Hab., Prof., leading researcher of the Department for agrometeorological research of UHMI).

**Proceedings of original reports at the All-Ukrainian conference for young scientists “Meteorology, Hydrology and Environmental Monitoring in the Context of Contemporary Ecological Challenges” are devoted to actual problems in nowadays meteorology, hydrology and environmental monitoring and their possible solutions. The conference organized by the Ukrainian Hydrometeorological Institute (UHMI) of the State Emergency Service of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine ([www.uhmi.org.ua](http://www.uhmi.org.ua)) on 16-17<sup>th</sup> of November 2016 with the kind support of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts and the Copernicus Climate Change service ECMWF Copernicus ([www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu))**

Recommended for publishing by the Scientific Committee of the Conference

**Responsible for the issue – Moskalenko S.O.**

**Executive Secretary – Guzienko I.A.**

Authors of the publications are responsible for proper citations of text, equations, names, titles and other information. ECMWF support does not imply ECMWF endorsement or approval of these proceedings or any recommendations or conclusions contained herein. Neither the papers presented at the Conference nor the reports of its proceedings have been subjected to ECMWF review.

Editorial address:

Ukrainian Hydrometeorological Institute,

Prospekt Nauki 37, Kyiv -03028, Ukraine, phone. (044) 525-12-50

ISBN 978-966-7067-19-9

© Ukrainian Hydrometeorological Institute

**ГІДРОЛОГІЯ**

<i>Батог С.В.</i> Розвиток еколого-гідрологічних досліджень в Україні та за кордоном .....	7
<i>Божок Ю.В., Лобода Н.С.</i> Роль кліматичних чинників у формуванні стоку річок Північно-Західного Причорномор'я в умовах глобального потепління .....	10
<i>Василенко Є.В., Рахматуліна Е.Р.</i> Максимальні рівні води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг .....	13
<i>Гопченко Є.Д., Гарькавенко Є.О.</i> Оцінка впливу залісеності на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець .....	16
<i>Гопцій М.В.</i> Обґрунтування характеристик схилового припливу дощових паводків на річках Карпат .....	19
<i>Гуляєва О.О.</i> Попусковий режим Дністровського гідроенергетичного комплексу та його вплив на абіотичні компоненти екосистеми транскордонної ділянки Дністра.....	22
<i>Жовнір В.В.</i> Вплив зарегульованості на термічний режим річок басейну Південного Бугу (на прикладі Сабарівського водосховища).....	24
<i>Іванова Н.О.</i> Особливості переміщення водних мас у водосховищі Сасик.....	27
<i>Казакова А.О., Шакірзанова Ж.Р.</i> Територіальний метод довгострокового прогнозування весняного стоку річок басейну Південного Бугу в сучасних гідрометеорологічних умовах.....	30
<i>Коржов Є.І.</i> Гідрологічні засади поліпшення стану водної екосистеми р. Каланчак ..	33
<i>Кушнір Д.В., Тучковенко Ю.С.</i> Оцінювання та прогнозування просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману в умовах кліматичних змін та зростаючого антропогенного навантаження .....	36
<i>Липистій О.В., Діденко Г.В.</i> Дослідження мінімального стоку річок басейну Дніпра ..	39
<i>Лемех Л.О., Лук'янець О.І.</i> Прогноз встановлення льодоставу на ділянках річок Десна та Сейм.....	42
<i>Мальцева А.Д.</i> Режим ґрунтових вод території ближніх печер Києво-Печерської лаври та його наслідки .....	45
<i>Мудра К.В.</i> Історія гідрологічних досліджень басейну річки Дністер.....	49
<i>Овчарук В.А., Тодорова О.І., Траскова А.В.</i> Визначення максимального стоку річок гірського Криму при відсутності спостережень .....	52
<i>Рикін І.С., Шакірзанова Ж.Р.</i> Розрахункові і прогнозні характеристики періоду весняного водопілля в басейнах Одеських лиманів .....	55
<i>Шитілова А.В., Лук'янець О.І.</i> Уточнена методика прогнозу весняного припливу води до Канівського водосховища .....	58

**ГІДРОХІМІЯ**

<i>Білецька С.В., Шевчук І.О., Литвин М.Ю.</i> Динаміка водного стоку та його вплив на експорт гумусових речовин і біогенних елементів на невеликих тимчасових водозборах у лісостеповій зоні України .....	61
<i>Воронич Ю.Ю., Осійський Е.Й., Скоблей М.П., Сусліков Л.М.</i> Оцінка якості поверхневих вод басейну річки Уж Закарпатської області.....	64

<i>Гузієнко І.А.</i> Біогеохімічна роль Київського водосховища у виведенні органічних речовин із водного потоку.....	67
<i>Жежеря В.А., Жежеря Т.П.</i> Методичні аспекти дослідження співіснуючих форм хімічних елементів у складі завислих речовин поверхневих водних об'єктів.....	71
<i>Коваль К.В.</i> Оцінка якісного стану водних ресурсів річки Тисмениці.....	74
<i>Корчемлюк М.В., Архипова Л.М.</i> Просторові закономірності зміни параметрів якості Прутської екосистеми.....	77
<i>Кравцова О.В.</i> Особливості каскаду водойм державного Дендрологічного парку «Олександрія» (м. Біла Церква).....	80
<i>Лужанська Д.В., Даус М.Є.</i> Оцінка якості води приток річки Десна .....	83
<i>Скоблей М.П., Жежеря В.А.</i> Співвідношення розчиненої й завислої форм металів у поверхневих водах залежно від особливостей пробопідготовки.....	86

### ГІДРОБІОЛОГІЯ

<i>Задорожна Г.М.</i> Таксономічна структура фітопланктону Канівського водосховища у зимовий період.....	89
--	----

### МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

<i>Безлепкін М.І., Пігулевский П.Г.</i> Про комплексні дослідження геоекологічних процесів у Криворізькому залізорудному басейні .....	91
<i>Белей Л.М., Савчук Б.Б., Корчемлюк М.В., Побережник В.Й.</i> Основні лісівничі характеристики щодо куртинного всихання ялинових деревостанів у заповідній зоні Карпатського національного природного парку.....	94
<i>Бочевар С.В.</i> Забруднення міських ґрунтів важкими металами (на прикладі міста Одеси) .....	98
<i>Кальмук С.Д., Жеребецька Л.С.</i> Вплив гексахлорбензолу на стан навколишнього середовища та способи його утилізації.....	101
<i>Кривошеїн О.О.</i> Моніторинг атмосферного NO <sub>2</sub> в Україні. Супутникові та наземні дані .....	104
<i>Москаленко С.О.</i> Особливості перевірки однорідності рядів спостережень за метеорологічними елементами реперних кліматичних станцій .....	106
<i>Саприкин В.Ю., Рыбин В.Ф., Скальский А.С., Куциба В.А., Молочкова Н.Н.</i> Гидрогеологический мониторинг территории ансамбля сооружений Софийского собора .....	109
<i>Стахів І.Р.</i> Магнітні характеристики ґрунтів Одеси та забруднення їх важкими металами .....	112
<i>Приходько В.Ю.</i> Комплексні дослідження стану довкілля рекреаційних територій ..	115
<i>Томченко О.В.</i> Космічний моніторинг Київського водосховища .....	118
<i>Хижняк А.В.</i> Моніторинг антропогенно змінених територій на основі даних дистанційного зондування землі методами системного аналізу як міждисциплінарний науковий напрям .....	121

### МЕТЕОРОЛОГІЯ

<i>Івус Г.П., Хоменко Г.В., Косолапова Н.І.</i> Кількісна оцінка інтенсивності літніх атмосферних фронтів над Україною.....	124
---	-----

<i>Кацалова Л.М.</i> Ефективність модифікованого адитивно-усередненого розщеплення та методу явного рахування при розв'язанні задач конвективної дифузії .....	127
<i>Коман М.М.</i> Алгоритм визначення напряму та швидкості вітру за супутниковими даними .....	130
<i>Коман М.М.</i> Відновлення температури морської поверхні за супутниковими даними .....	133
<i>Москальчук Н.М.</i> Вітроенергетичний потенціал Карпатського регіону .....	136
<i>Онос Л.М., Баштаннік М.П.</i> Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери .....	140
<i>Ошурок Д.О.</i> Застосування метеорологічного препроцесора CALMET для розрахунку вітроенергетичних ресурсів Тернопільської області .....	144
<i>Савенець М.В.</i> Часові закономірності розподілу відхилень загального вмісту озону .....	147
<i>Самчук Є.В.</i> Ідентифікація та особливості просторового розподілу блокуючих баричних утворень в Атлантико-Європейському секторі Північної півкулі ..	150
<i>Сліжке М.О., Ель Хадрі Юсеф</i> Повторюваність суховіїв в Україні на початку ХХІ століття .....	153
<i>Собченко А.Ю., Школьний Є.П., Степаненко С.М.</i> Еліптичний нормальний розподіл компонент швидкості вітру в полярних координатах .....	156
<i>Писаренко Л.А.</i> Суми активних температур повітря та їх багаторічні зміни на території України .....	159
<i>Покотило Н.Л.</i> Аналіз багаторічних даних вимірювання температури у місті Радехові Львівської області .....	162
<i>Чигарева А.Ю., Прусов В.А.</i> Розробка математичної моделі хмароутворення .....	166
<i>Щеглов О.А.</i> Використання геометричних характеристик та абсолютних відхилень при визначенні аналогічності метеорологічних полів .....	169

## КЛІМАТОЛОГІЯ

<i>Василів О.В.</i> Вплив відвідувачів на мікроклімат ближніх печер Києво-Печерської лаври .....	172
<i>Гончаренко О.В., Чернова К.В.</i> Загальна оцінка агрокліматичних умов на території Харківської області .....	175
<i>Довгаль Г.П.</i> Закономірності розвитку агроєкосистем в контексті кліматичних змін .....	178
<i>Лисенко О.Г., Решетченко С.І.</i> Кліматичні екстремуми в умовах мінливості клімату на території Харківської області .....	181
<i>Малицька Л.В., Балабух В.О.</i> Холодовий стрес: оцінка навантаження на організм людини та його зміна у сучасний кліматичний період .....	184
<i>Маригіна Д.П.</i> Низькочастотні коливання глобальних кліматичних індексів Атлантико-Європейського регіону .....	187
<i>Скриник О.А.</i> Гомогенізована база даних довгих кліматологічних рядів середніх за місяць мінімальних та максимальних температур повітря .....	190
ECMWF Copernicus .....	192

УДК [556.5+574.5]

**Батог С.В.**

*Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна  
svitlanadaragan@gmail.com*

## **РОЗВИТОК ЕКОЛОГО - ГІДРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ**

Проведено аналіз літературних джерел з питання формування та розвитку в Україні і за кордоном нового наукового напрямку – екологічної гідрології. Наведено основні напрямки еколого-гідрологічних досліджень.

Посилення антропогенного впливу на водні об'єкти, спричинило погіршення їх стану та зміну умов функціонування їх екосистем. Це стало однією з важливих екологічних проблем, до вирішення яких стала причетною гідрологія. Екологічний напрямок в гідрології потребував розробки нових підходів та методів, які стали результатом інтеграції досягнень гідрології, біології, хімії, екології, фізики та ін. Таким чином, відбулося становлення екологічної гідрології як напрямку.

В Україні *екологічна гідрологія* сформувалася за результатами значної кількості гідрологічних досліджень природних та штучних водойм з метою здійснення екологічних оцінок і прогнозів їх використання. Предметом її досліджень є гідрологічні процеси, явища та характеристики як абіотичні компоненти водних екосистем в усіх їх складних взаємовідносинах з іншими абіотичними та біотичними компонентами (Тимченко, 2006). Екологічна гідрологія є однією із складових загальної гідрології та частиною гідроекології (водної екології). Остання включає в себе: гідробіологію, гідрохімію, гідрофізику, водну токсикологію, водну радіоекологію та ін.

Під терміном *екологічна гідрологія* Б. В. Фащевський (1996) (Білорусія) розуміє наукову дисципліну, що вивчає закономірності взаємозв'язку гідрологічного режиму річок та озер з компонентами живої природи. На основі отриманих закономірностей розробляються методи для визначення допустимих антропогенних впливів на гідрологічний режим водних об'єктів.

На думку російського вченого Н. І. Алексеєвського (1998) *екологічна гідрологія* є розділом нової міждисциплінарної науки

геоекології та водночас гідрології. Предметом її досліджень є проблеми взаємодії абіотичних та біотичних компонентів екосистем водних об'єктів, природних та соціально-промислових комплексів. Проведення цих досліджень необхідно для попередження зміни об'єму та якості водних ресурсів території, стану водних екосистем, небезпечних гідрологічних процесів, створення умов безпечної життєдіяльності населення та стійкого розвитку галузей промисловості. Пізніше В. М. Калінін (2008) сформулював своє розуміння цього напрямку як наукової дисципліни, що ґрунтується на закономірностях фундаментальної гідрології для вирішення водоохоронних завдань. Предметом дослідження, на його думку, є характер та масштаб антропогенних впливів на водні об'єкти.

В Європі на початку 90-х років ХХ-го ст. *екологічна гідрологія (екогідрологія)* була розроблена та визначена в рамках Міжнародної Гідрологічної Програми за підтримкою ЮНЕСКО та програми «Людина і Біосфера». Вона представляє собою міждисциплінарну і прикладну науку, яка вивчає взаємозв'язки між гідрологічними та біологічними процесами, і використовує їх для покращання якості води, біологічного різноманіття, підвищення стабільного розвитку навколишнього середовища (<http://www.erce.unesco.lodz.pl/>).

В світі екогідрологія набуває активного розвитку. Зростає кількість статей за даною тематикою, опублікованих в журналах: *Ecological engineering*, *Water Resources Research*, *Hydrological Science Journal*, *Ecohydrology & Hydrobiology*. Відкрито ряд спеціалізованих центрів з екогідрології в Польщі, Португалії, Китаї, Австралії, Англії, Вірменії та Індонезії. З 1999 року активно організовуються міжнародні наукові засідання, навчальні курси, семінари та конференції (Carrie J. Rickwood et al. 2010). В університетах світу проводяться курси для підготовки бакалаврів та магістрів з екогідрології (McClain et al. 2012).

Створюється мережа організацій «Водної Сім'ї» за підтримки ЮНЕСКО (UNESCO Water Family), що представляє та реалізовує ряд демонстраційних проектів різних об'єктів за концепціями Екогідрологічної Програми ЮНЕСКО (*Ecohydrology for sustainability*, 2011).

На сьогодні екологічна гідрологія розширює свої об'єкти досліджень, обумовлюючи формування її нових напрямків. Деякі вчені (McClain et al. 2012) спробували виділити основні напрямки досліджень екогідрології.



Одним із напрямків є вивчення основної взаємодії гідрології та екології ґрунтового покриву, що включає в себе кругообіг води: опади, інфільтрацію та випаровування. Екогідрологічні дослідження допомагають оцінити складний взаємозв'язок «рослина–ґрунт–вода» в різних масштабах (Pitman, 2003; Popp et al., 2009) та ландшафтах (Caylor et al., 2006). Розглядається баланс вологи в ґрунті та її просторово-часовий вплив на структуру екосистеми, продуктивність та видове різноманіття (Porporato and Rodriguez-Iturbe, 2002). Спостерігається і обернений взаємозв'язок, що включає вплив рослинності на формування місцевого клімату (Osborne et al., 2004) та інтенсивність інфільтрації вод до навколишнього середовища (Rietkerk et al., 2002).

Другий напрямок спрямований на вивчення екогідрологічних процесів річок та річкових коридорів, а також наземної рослинності, яка відіграє суттєву роль у формуванні стоку. Останній безпосередньо визначає структуру та функціонування водних екосистем, включаючи прибережні водно-болотні угіддя (Poff et al., 1997).

Третій напрямок охоплює екогідрологічні процеси в озерах, водосховищах, лиманах, гирлах річок та прибережних зонах (Livingston et al., 1997).

Вищевказані напрямки досліджень включають взаємодію фізичних, біологічних та біохімічних процесів. Крім цього, напрямки екогідрології формуються залежно від об'єкту досліджень та зосередження його в географічній зоні чи ландшафті. Наприклад, виділяють екогідрологію урбанізованих водних екосистем (Wagner, 2009), екогідрологію пасовищ (Wilcox, 2006), екогідрологію територій з обмеженою зволоженістю (Newman, Wilcox, Archer, 2006) та ін.

Отже, екологічна гідрологія – це сформований окремий науковий напрямок, який продовжує розвиватися, розширюючи свої об'єкти та предмети досліджень.

УДК 556.161."45".18

**Божок Ю.В., Лобода Н.С.**

*Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна,  
julia\_bojok@mail.ru, gideko@odeku.edu.ua*

## **РОЛЬ КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ У ФОРМУВАННІ СТОКУ РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ**

Проведено аналіз сучасних змін кліматичних чинників формування стоку річок Північно-Західного Причорномор'я у період до та після початку суттєвих змін клімату в Україні. Дослідження виконувалося для річок Савранка та Тилігул. Основним методом моделювання є метод множинної лінійної регресії із покроковим вибором оптимальних предикторів.

Зміни клімату, які відбуваються в останні десятиріччя, впливають на складові водного балансу річок [2], і це визначає доцільність вживання тих чи інших заходів щодо збереження та відновлення їх природних ресурсів.

На території України 1989 рік розглядається як переламний, починаючи з якого спостерігаються статистично значущі зміни температур повітря (Гребінь, 2010), а отже і зміни кліматичних чинників формування стоку [3].

Робота виконана в рамках НДР «Моделювання зміни гідроекологічних умов в лиманах північно-західного Причорномор'я в контексті змін клімату у XXI столітті на прикладі Тилігульського лиману» (№ д/р 0115U004748).

Метою роботи є дослідження ролі кліматичних чинників у формуванні стоку річок Північно-Західного Причорномор'я та аналіз їх змін у період до і після початку глобального потепління на основі регресійного аналізу.

Вивчалися такі річки Північно-Західного Причорномор'я як Савранка (площа водозбору складає  $F=1740$  км<sup>2</sup>, протікає територією Одеської та Вінницької областей, впадає в р. Південний Буг, стік із цього водозбору може розглядатися як природний) та Тилігул (площа водозбору  $F=3550$  км<sup>2</sup>, є основним джерелом живлення Тилігульського лиману, знаходиться у межиріччі Дністер-Південний Буг, стік є порушеним водогосподарською діяльністю).

Для досліджень був застосований метод множинної лінійної регресії із покроковим вибором оптимальних предикторів [4]. Як предиктори, що відображають метеорологічні умови формування стоку розглядалися показник посушливості  $\beta_X$ , річна сума опадів, середня річна температура повітря, сума температур повітря за зимовий період, сума температур теплого періоду, сума опадів за весняний та осінній періоди, стандартизований індекс опадів та сумарного випаровування (SPEI) [1]. Тривалість розглядуваного періоду становить 59 років (1953-2011 рр.)

Виявлено, що для обох річок основними кліматичними показниками формування стоку є співвідношення ресурсів тепла та вологи, яке характеризує загальне зволоження території; сума температур повітря за зимовий сезон, яка є непрямим показником наявності або відсутності відлиг; опади осіннього періоду та суми температур повітря за літній період минулого року, що відображують умови попереднього зволоження території.

Установлено, що починаючи з 1989 р. на річках Північно-Західного Причорномор'я умови формування стоку змінилися: на перший план виходять температурний режим зимового сезону; сума опадів, яка випадає у період формування весняного водопілля; осіннє зволоження. Цікавим є той факт, що індекс посух також може бути використаний як оптимальний предиктор, що вказує на зростання ролі посух на досліджуваній території. Розрахункові регресійні рівняння, отримані для періоду 1989-2011 рр. мають вигляд:

- для водозбору р. Тилігул

$$Y_i = 0,058 \sum_X^{XI} X_{i-1} - 0,75 \sum_{XII}^{II} t_i - 0,093 \sum_{XIII}^{V} X_i + 6,36 SPEI_{л.о.меж.і} - 21,7 \beta_{X_{річн.і}} + 26,6 \quad (1)$$

R=0,79;

- для водозбору р. Савранка

$$Y_i = -0,944 \sum_{XII}^{II} t_i + 0,0700 \sum_{XIII}^{V} X_i + 0,110 \sum_X^{XI} X_{i-1} + 22,1, \quad R=0,65, \quad (2)$$

де  $Y_i$  – шар стоку розрахункового року, мм;  $\sum_X^{XI} X_{i-1}$  – сума опадів за

осінній період (з жовтня по листопад) минулого року, мм;  $\sum_{XII}^{II} t_i$  – сума

температур повітря за зимовий період (з грудня по лютий) минулого та

розрахункового року, °C;  $\sum_{III}^V X_i$  – сума опадів за весняний період (з березня по травень) розрахункового року, мм;  $SPEI_{л.о.меж.i}$  – індекс посух, мінімальний за період літньо-осінньої межени, розрахункового року;  $\beta_{X річн.i}$  – річний показник зволоженості/посушливості розрахункового року.

Розрахункові рівняння (1) та (2) використовувались для визначення забезпеченості водності стоку за окремі роки на базі метеорологічних даних сценаріїв глобального потепління [5].

У подальшому установлена забезпеченість водності річок слугувала основою стохастичного моделювання стоку р.Тилігул за період 1990-2098 рр.

\* \*

1. Божок Ю.В., Лобода Н.С. Оцінка впливу посух на характеристики меженного стоку річки Савранка // Вісник Одеського державного екологічного університету: Науковий журнал / Голов. ред. Є.Д. Гопченко. –Одеса: Екологія, 2014. – Вип. 18. – С. 119-126.

2. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: Колективна монографія / Під ред. Ю.С. Тучковенко, Н.С. Лободи. – Одеса: ТЕС, 2014. – 276 с.

3. Лобода Н.С., Куза А.М. Божок Ю.В. Зміни кліматичних чинників та характеристик стоку р.Тилігул під впливом глобального потепління // Вісник Одеського державного екологічного університету: Науковий журнал. – Одеса: Екологія, 2014. – Вип. 17. – С. 124-133.

4. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2010. – 184 с.

5. Моделювання зміни гідроекологічних умов в лиманах північно-західного Причорномор'я в контексті змін клімату у XXI столітті на прикладі Тилігульського лиману: Звіт з НДР проміжний. Од. держ. еколог. ун-т. – Одеса, 2015. – 232 с.

УДК 556:[047+048; 555]

**Василенко Є.В.<sup>1</sup>, Рахматулліна Е.Р.<sup>2</sup>**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна*

<sup>1</sup>*evg\_vasylenko@ukr.net*

<sup>2</sup>*elmera@ukr.net*

## **МАКСИМАЛЬНІ РІВНІ ВОДИ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ**

Здійснена процедура відновлення пропусків у рядах максимальних весняних рівнів води в басейні Південного Бугу. Проведена оцінка однорідності та стаціонарності рядів максимальних рівнів води весняного водопілля в басейні річки за допомогою гідролого-генетичних (сумарні, різницево-інтегральні криві, сумарні хронологічні графіки) та статистичного (оцінка значимості лінійних трендів) методів. Визначені розрахункові максимальні рівні води весняного водопілля 1, 2, 5, 10 і 25 %-ої забезпеченостей у басейні. Здійснений аналіз і ув'язка розрахункових рівнів води весняного водопілля по довжині основної річки, її великих приток та по басейну р. Південний Буг.

Максимальні розрахункові рівні води річок є важливою складовою для інженерно-гідрологічного обґрунтування під час гідротехнічного, промислового та інших видів будівництва, а також для визначення зон затоплення територій при проходженні повеней та паводків різної забезпеченості на річках України.

Для дослідження максимальних рівнів води весняного водопілля води в басейні р. Південний Буг використані дані 24 діючих гідрологічних постів з періодом спостережень від 120 (р. Південний Буг – с. Прибужани) до 47 років (р. Південний Буг – с. Пирогівці) та площами водозборів від 92,5 (р. Соб – с. Зозів) до 63700 км<sup>2</sup> (р. Південний Буг – м. Миколаїв).

Дані максимальних рівнів води весняного водопілля на річках басейну у вигляді хронологічних рядів мають численні пропуски, які пов'язані з військовими подіями (громадянська і друга світова війни) та з реорганізацією мережі спостережень. Для подальшої обробки та розрахунків, гідрологічні пости з короткими рядами рівнів води порівнювались з багаторічними опорними для встановлення чи включають вони роки з високими ( $P < 5\%$ ) та низькими ( $P > 95\%$ ) рівнями води. У разі наявності пропуску таких років і при наявності

доброго зв'язку рівнів води на постах з коротким періодом спостережень і на постах-аналогах (коефіцієнт кореляції  $\geq 0,8$ ) здійснювалась процедура відновлення рівнів води за допомогою методу парної і множинної регресії [1, 3]. Так, для 20 гідрологічних постів у басейні р. Південний Буг була проведена процедура відновлення пропусків в рядах максимальних рівнів води весняного водопілля.

Виконана оцінка стаціонарності рядів, на основі оцінки значимості лінійних трендів, показала однорідність максимальних рівнів весняного водопілля тільки по 19 % гідрологічних постів. Проведений сумісний аналіз сумарних різницевих кривих, хронологічних графіків та різницевих інтегральних кривих для гідрологічних постів, що мають статистично незначимі та статистично значимі тренди по рядах максимальних весняних рівнів води не виявив будь-яких суттєвих змін тенденцій у формуванні дослідженої характеристики в басейнах р. Південний Буг. Так, зроблений висновок, що наявність значимості тренду залежить від циклічності коливань річок. Таким чином, можна стверджувати, що ряди максимальних рівнів весняного водопілля є однорідними та стаціонарними і можуть бути використані для подальших розрахунків [2].

Розрахункові максимальні рівні води весняного водопілля в створах гідрологічних постів басейнів р. Південний Буг визначалися за кривими забезпеченості щорічних строкових рівнів води. Криві ймовірності перевищення максимальних весняних рівнів побудовані на основі статистичних параметрів, які визначались за допомогою метода моментів та з використанням ординат трипараметричного гамма-розподілу та біноміального розподілу. Для приблизно 63 % гідрологічних постів в басейні максимальні рівні води весняного водопілля певної забезпеченості визначались за емпіричною кривою, а значення  $C_v$ ,  $C_s$  та норми розраховувались по фактичним даним.

Визначені розрахункові рівні води весняного водопілля аналізувались і ув'язувались по довжині основної ріки та її великих приток та по басейну р. Південний Буг. З цією метою будувались графіки зв'язку максимальних весняних рівнів води та їхніх розрахованих значень 1, 2, 5, 10 і 25 %-ої забезпеченостей на суміжних та сусідніх гідрологічних постах (рис. 1). Різке відхилення рівнозабезпечених найвищих рівнів весняного водопілля від загального напрямку зв'язку рівнів з опорними постами свідчило про не репрезентативність ряду весняних рівнів [1].

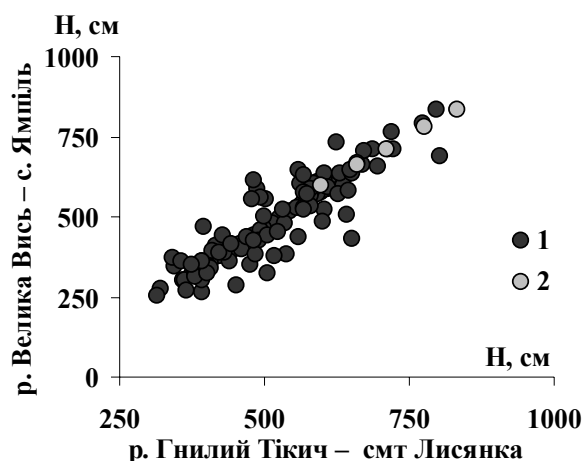


Рис. 1. Графіки зв'язку максимальних спостережених (1) та розрахованих (2) весняних рівнів води

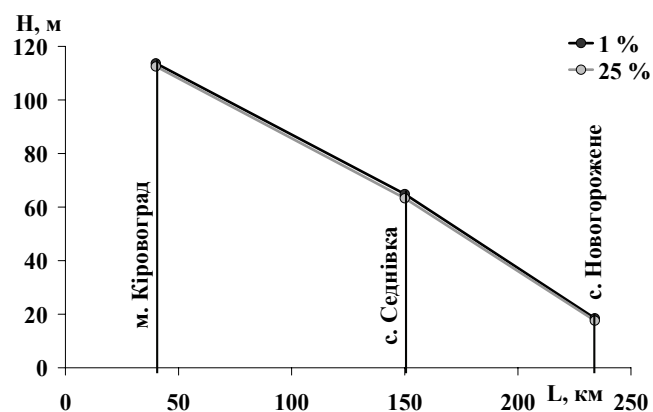


Рис. 2. Зміни розрахункових рівнів води весняного водопілля 1 %-вої та 25 %-вої забезпеченості по довжині р. Інгул

З метою оцінки достовірності отриманих розрахункових значень максимальних рівнів води весняного водопілля виконувалась ув'язка по довжині річки, якщо на ній розташовано декілька гідрологічних постів. Така ув'язка виконана по довжині річок Південного Бугу та Інгул (рис. 2).

\* \*

1. *Вишне夫斯基 П.Ф.* Из опыта составления каталога расчетных характеристик максимальных осадок, уровней и расходов воды на реках Украины/ П.Ф. Вишне夫斯基 // Труды Украинского регионального научно-исследовательского института. – 1986. – Вып. 207. – С. 70-81.

2. *Горбачова Л.О., Кошкіна О.В.* Часові закономірності дат настання основних характеристик весняного водопілля в басейні річка Десна // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 2(29). – С. 30-37.

3. *Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик.* – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

УДК 566. 166

**Гопченко Є.Д.<sup>1</sup>, Гарькавенко Є.О.<sup>2</sup>**

*<sup>1,2</sup> Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна  
<sup>1</sup>evgenia.garkavenko@gmail.com*

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАЛІСЕНОСТІ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ**

В умовах змін клімату дослідження максимального стоку річок є однією з важливих проблем сучасності. Вплив залісеності на характеристики максимального стоку річок досліджене досить слабо. Для удосконалення існуючої нормативної бази в галузі розрахунку і прогнозів гідрометеорологічних величин потрібно врахувати вплив всіх факторів на формування стоку (в тому числі й залісеності, заболоченості та розораності) в межах окремих басейнів. Ця стаття присвячена дослідженню та оцінці впливу залісеності на формування максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець.

Річка Сіверський Донець бере свій початок на Середньоруській височині, біля с. Подольхи в Прохорівському районі Білгородської області Росії. Впадає Сіверський Донець в річку Дон. Поверхня досліджуваного району розчленована ярами та балками. Досліджувана територія знаходиться в верхній – лісостеповій, найбільш зволоженій області. Найбільші площі тут представлені чорноземами, а саме: чорноземами опідзоленими (територія витoku р. Сіверського Дінця, р. Короча, р. Нежеголь), чорноземами звичайними (вся територія до замикального створу – с. Кружилівка). На території переважають кленово-липові, дубові ліси [1]. Найбільший відсоток залісеності спостерігається в басейні р. Велика Бабка – с. П'ятницьке (25%), найменший (1%) – на восьми водозборах, заболоченість на всіх водозборах у межах до 1%.

В Україні відсутні систематично організовані спостереження за тривалістю схилового припливу в період весняного водопілля. Розрахункові характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець по цей час здійснюються за союзним нормативним документом СНіП 2.01.14-83, у якому використовується формула



$$q_p = \frac{k_o Y_{1\%}}{(F + b)^{n_1}} \lambda_p \delta \delta_1 \delta_2, \quad (1)$$

де  $q_p$  – максимальний модуль стоку водопілля забезпеченістю P%;

$k_o$  – коефіцієнт схилової трансформації водопілля;

$Y_{1\%}$  – шар стоку за весняне водопілля забезпеченістю P=1%;

$F$  – площа водозборів;

$\lambda_p$  – перехідний коефіцієнт від забезпеченості P=1% до інших;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує зниження максимального стоку річок, зарегульованих проточними водоймами;

$\delta_1, \delta_2$  – коефіцієнти, що враховують зниження максимальних витрат води на заліснених і заболочених водозборах і під впливом агротехнічних заходів;

$b$  – емпіричний параметр для урахування зниження  $q_p$  в області невеликих водозборів.

До недоліків цього нормативу слід віднести у першу чергу те, що усі параметри (1) ґрунтуються на даних спостережень до 1980 року, з іншого боку структурі (1) притаманні також і науково – методичні недоліки. Зокрема, базова формула не відповідає верхньому граничному значенню

$\frac{q_m}{k_o Y_m} = 1.0$  при  $F = 0$  оскільки, виходячи з (1) за цієї умови відношення

$$\frac{q_m}{k_o Y_m} = \left( \frac{1}{b^{n_1}} \right) < 1.0.$$

Вплив лісу можливо визначити двома способами. Перший з них через розрахунок коефіцієнта  $\delta_1$  в структурі (1) за формулю

$$\delta_1 = \alpha / (f_n + 1)^{n_1} \quad (2)$$

де  $n_1$  – коефіцієнт редукції;

$\alpha$  – параметр, який враховує розташування лісу на водозборі, в розглядуваному випадку залісена переважно верхня частина водозбору;

$f_n$  – залісеність водозборів, %.

Максимальне значення коефіцієнта  $\delta_1$  становить 1.11 на восьми постах, мінімальне – 0,69 – на р. Велика Бабка – с. Пятницьке.

Можна також визначити вплив залісеності через коефіцієнт дружності [2]. Степеневий показник  $n_1$  у формулі (1) можна встановити графічним шляхом за допомогою логарифмічної залежності

$\lg q_{1\%}/Y_{1\%} = f \lg(F + 1)$ , наведеної на рис.1. Для басейну р. Сіверського Дінця, зокрема,  $n_1=0,24$ .

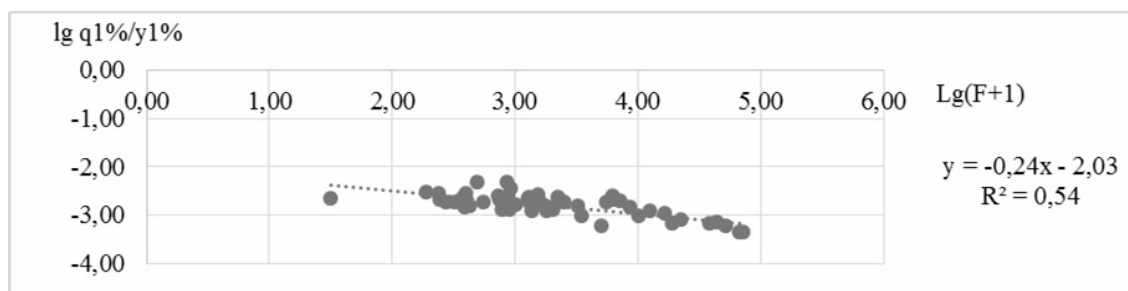


Рис. 1 – Залежність відношення  $q_{1\%}/Y_{1\%}$  від розміру водозборів

При дослідженні впливу на шар стоку залісеності значимої залежності в басейні р. Сіверський Донець не виявлено. Тому наступним кроком було дослідження коефіцієнта схилової трансформації  $k_o$  від залісеності. Залежність представлена на рис. 2.

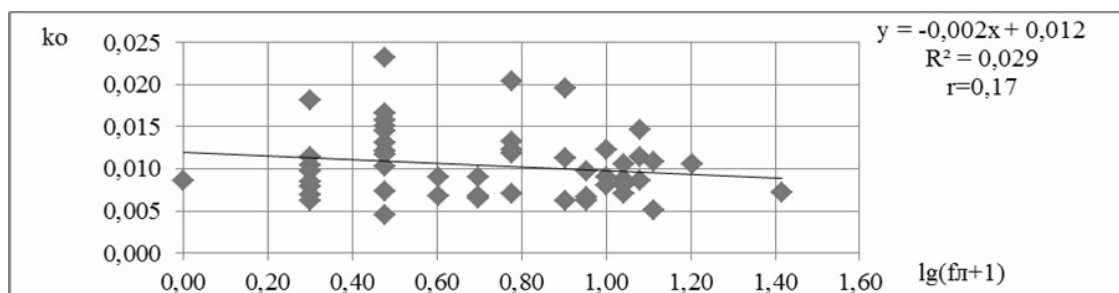


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта а схилової трансформації  $k_o$  від залісеності водозборів в басейні р. Сіверський Донець

Висновок. Як видно з рис. 2 значимої залежності залісеності на максимальний стік весняного водопілля в межах басейну р. Сіверський Донець не виявлено за двома способами розрахунків, що значно спрощує структуру формули (1).

\* \*

1 Ресурси поверхностных вод СССР. Т.6. Вып3 – Л.: Гидрометеиздат, 1979.- Т.7. – 458с.

2 Гопченко Е. Д., Романчук М. Е. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности: Монография. – К.: КНТ, 2005. – 148с.

УДК 556.166

**Гопцій М.В.**

*Одеський державний екологічний університет  
Goptsiy-odeky@ukr.net*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ КАРПАТ**

Досліджені усі складові (такі як шари стоку, тривалість припливу та коефіцієнт часової нерівномірності) схилового припливу дощових паводків на гірських річках Карпат, які доведені до практичного застосування.

Одними з провідних параметрів у розрахункових формулах максимального стоку в періоди формування дощових паводків і весняних водопіль є характеристики схилового припливу, які входять до їх структури у явному або прихованому вигляді. На жаль, вимірювання складових схилового стоку в системі спостережень за гідрологічним режимом річок Гідрометслужби фактично в усіх країнах світу не організовані, за виключенням експериментальних досліджень на водно-балансових станціях. Але для практичного використання вони дуже обмежені регіональними особливостями стокоутворення і мають лише теоретичну цінність.

Тому у розпорядженні дослідників є лише відомості про шари стоку паводків і водопіль, які прирівнюються до шарів схилового припливу. Тим самим робиться припущення про відсутність втрат припливу зі схилів у річковій мережі.

Максимальний модуль схилового припливу, за рекомендаціями нормативного документа [1], безпосередньо залежить від трьох складових схилових гідрографів (шару стоку, тривалості припливу і коефіцієнта його часової нерівномірності), тобто

$$q'_m = ((n + 1)/n)(1/T_0)Y_m, \quad (1)$$

де  $q'_m$  - максимальний модуль схилового припливу;  $(n + 1)/n$  - коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;  $T_0$  - тривалість схилового припливу;  $Y_m$  - шар схилового стоку.

Для обґрунтування розрахункової методики в межах території Українських Карпат створено базу вихідних даних по максимальному дощовому стоку річок досліджуваної території по 93 гідрологічних станціях і постах Державної мережі Гідрометслужби (від початку спостережень по 2010 рік, включно).

Згідно рекомендацій нормативного документа СНиП 2.01.14-83 та провідних дослідників, статистична обробка часових рядів стокових характеристик паводків в останні роки спирається на метод найбільшої правдоподібності.

На основі кривої трипараметричного гама-розподілу при індивідуальних оцінках  $C_v$  і закріпленому співвідношенні  $C_s/C_v=3,0$ , обчислені шари стоку 1%-ї ймовірності. Діапазон їх коливання змінюється в залежності від географічного і висотного положення водозборів - від 88 мм (р. Ворона - с. Тисмениця,  $F = 657 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp} = 330 \text{ м}$ ) до 512 мм (р. Лужанка - м. Гошів,  $F = 146 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp} = 660 \text{ м}$ ) [2].

Просторові узагальнення згідно науково-методичних рекомендацій [1], для гірських районів можливі у формі районів або представлення у вигляді карт. Тому перш за все необхідно дослідити вплив місцевих факторів на характеристики стоку схилового припливу (висотного положення геометричних центрів та залісеності водозборів).

Шари стоку схилового припливу узагальнені по території згідно районування Джабура Кхалдуна та Є.Д. Гопченка (2000 р.) шляхом сумісного аналізу полів, приведених до висоти  $H_{cp}=500 \text{ м}$ , шарів паводкового стоку  $\bar{\gamma}_{500}$  і коефіцієнтів варіації  $C_v$ . На території Карпат виділені 4 райони. Розрахункове рівняння має вигляд:

$$Y_m = \bar{\gamma}_{500;50} k_H k_L \lambda_p, \quad (2)$$

де  $\bar{\gamma}_{500;50}$  – середній шар паводкового стоку, приведений до висоти  $H_{cp}=500 \text{ м}$  і залісеності  $f_l=50\%$ ;  $k_H$  – коефіцієнт впливу висоти місцевості на шар паводкового стоку, причому  $k_H = 1 + (\alpha_H / \bar{\gamma}_{500})(H_{cp} - 500)$ ;  $k_L$  – коефіцієнт впливу лісу  $k_L$ , тобто  $k_L = 1 + (\alpha_L / \bar{\gamma}_{500;50})(f_l - 50)$ ;  $H_{cp}$  – середня висота водозборів, м;  $f_l$  – залісеність водозборів, %;  $\alpha_H$  і  $\alpha_L$  - параметри, обумовлені відповідним зв'язком:  $\bar{y}_m = f(H_{cp})$  та  $(\bar{y}_m)_{500} = f(f_l)$ , що визначені по районах;  $\lambda_p$  - коефіцієнт забезпеченості.

Автором під керівництвом наукових консультантів д.геогр.н., проф. Гопченка Є.Д. та к.геогр.н., доц. Овчарук В.А. були здійсненні уточнення

параметрів формули (2) на основі статистичної обробки часових рядів по 2010 рік, включно [2].

Коефіцієнти нерівномірності стоку у часі  $(n+1)/n$ , виходячи з аналізу характеристик річкового стоку  $(m+1)/m$ , узагальнені у вигляді залежності  $(m+1)/m = f[\lg(F+1)]$ , де  $(n+1)/n = 9,19$ , а  $n = 0,12$ .

Обчислювальна процедура встановлення тривалості схилового припливу у структурі формул, заснованих на теорії руслових ізохрон, можлива завдяки автоматизованій процедури пошуку  $T_0$  за допомогою комп'ютерної програми «Сагаар», використовуючи метод простої однокрокової ітерації.

Як і шари стоку,  $T_0$  були досліджені на можливий вплив місцевих факторів. Після їх виключення, приведена тривалість схилового стоку узагальнена у вигляді карти ізоліній  $(T_0)_{np}$ . Похибка карти становить 8,6%.

Розрахункова формула для визначення тривалості схилового припливу води до руслової мережі для річок Карпат має вигляд:

$$T_0 = (T_0)_{np} k'_H k'_L, \quad (3)$$

де  $(T_0)_{np}$  - приведені значення тривалості припливу до умовної висоти 500 м і залісеності 50%;  $k'_H$  - коефіцієнт впливу висотного положення водозборів на  $T_0$  - для Закарпаття  $k'_H = 1 + 0,43 \cdot 10^{-3} (H_{cp} - 500)$ , для Передкарпаття  $k''_H = 1 + 0,41 \cdot 10^{-3} (H_{cp} - 500)$ ;  $k'_L$  - коефіцієнт впливу залісеності на  $T_0$ . Для Закарпаття  $k'_L = 1 + 0,0108(f_L - 50)$ , для Передкарпаття вплив лісу не значний.

**Висновок.** Обґрунтовані науково-методичні рекомендації для визначення усіх складових схилового припливу максимального стоку дощових паводків у Карпатах рекомендовані для практичного застосування.

\* \*

1. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.

2. Гопцій М.В. Статистичний аналіз часових рядів максимальних витрат води та шарів стоку річок Українських Карпат // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2016. – Вип. 11. – С.17-19.

УДК 556.535:627.43(282.247.314)

**Гуляєва О.О.**

*Інститут гідробіології Національної академії наук України, м. Київ, Україна,  
ecohydrologist.ua@gmail.com*

**ПОПУСКОВИЙ РЕЖИМ  
ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ  
ТА ЙОГО ВПЛИВ НА АБІОТИЧНІ КОМПОНЕНТИ  
ЕКОСИСТЕМИ ТРАНСКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ ДНІСТРА**

В роботі аналізується внутрішньодобовий режим попусків Дністровського гідроенергетичного комплексу та його вплив на рівневі, температурні та кисневі показники води транскордонної ділянки середньої течії Дністра.

Попуски гідроелектростанцій (ГЕС) як фактор впливу на навколишнє середовище носять досить неоднозначний характер. В залежності від природно-кліматичних умов та режиму експлуатації ГЕС вони можуть створювати як оптимальні, так і навпаки несприятливі умови для функціонування екосистем зарегульованих водотоків у зонах підпору та нижче гідроспоруд [1].

Функціонування екосистеми транскордонної ділянки середньої течії Дністра значною мірою залежить від внутрішньодобового режиму експлуатації Дністровського гідроенергетичного комплексу (ГЕС-1, ГЕС-2 та ГАЕС). Нерівномірні скиди протягом доби можуть призводити до короткочасних змін ряду абіотичних показників і створення несприятливих умов для існування гідробіонтів. Для оцінки впливу роботи гідроенергокомплексу на абіотичні компоненти екосистеми річки був проведений аналіз даних моніторингу державних відомств та власних епізодичних погодинних натурних спостережень за рівнем, температурою води та вмістом розчиненого кисню на різновіддалених від ГЕС-2 ділянках протягом 2014-2015 рр.

**Рівень води та хвилі попуску.** На транскордонній ділянці середньої течії Дністра в результаті нерівномірної роботи ГЕС-2, яка є причиною виникнення хвиль попусків, спостерігаються значні добові коливання рівня води протягом року. Їх внутрішньодобова амплітуда може досягати 1 м і більше. Найбільші значення цих коливань

відмічаються в нижньому б'єфі ГЕС-2 у вечірній час. Рухаючись далі по руслу Дністра хвиля попуску трансформується, розпластується і на відстані 50 км від греблі ГЕС-2 в період наших спостережень її висота не перевищувала 0,1 м. Водночас спостерігалось зменшення швидкості розповсюдження хвилі від 4,6 до 2,9 км/год.

**Температура води.** Будівництво ГЕС-1 призвело до корінних змін температурного режиму р. Дністра. Внаслідок глибинного водозабору та формування стратифікації в Дністровському водосховищі на річці нижче гідроенергокомплексу спостерігаються більш низькі, у порівнянні з природними, значення температури води навесні та влітку, і більш високі – восени та взимку. Цей вплив може прослідковуватися до 100 км [2]. Крім цього, при проходженні хвиль попусків на прилеглій до ГЕС-2 ділянці також відмічаються різкі добові коливання температури води.

**Розчинений у воді кисень.** Важливими факторами формування кисневого режиму транскордонної ділянки річки є: вміст розчиненого кисню в глибинних водних масах Дністровського водосховища; підвищена турбулентність потоку в буферному водосховищі, верхній водоймі ГАЕС та нижньому б'єфі ГЕС-2; об'єми попусків ГЕС; час перебування водних мас в буферному водосховищі. При відсутності кисневої стратифікації в Дністровському водосховищі в весняно-зимовий період нерівномірною робота ГЕС має незначний вплив на вміст кисню у воді транскордонної ділянки, його концентрація варіює в межах 7–10 мг/дм<sup>3</sup>. Однак при її наявності спостерігається кардинально інша картина. Під час синхронної роботи ГЕС-1 та ГЕС-2 і збільшенні активної потужності останньої в її нижньому б'єфі відмічається різке зменшення вмісту кисню – від 8–10 до 2–3 мг/дм<sup>3</sup> (критично низьких для гідробіонтів значень). Зі збільшенням відстані від гідроенергокомплексу вплив на екосистему внутрішньодобового режиму стає суттєво меншим. Добові коливання розчиненого у воді кисню наближаються до природних значень. На відстані 80 км від греблі в період натурних спостережень він не знижувався нижче 6 мг/дм<sup>3</sup>.

\* \*

1. Тимченко В. М. Экологическая гидрология водоемов Украины / Тимченко В. М. ; НАН Украины, Ин-т гидробиологии. – К. : Наук. думка, 2006. – 384 с. : рис., табл. – (Проект "Наукова книга").

2. Экологическое состояние реки Днестр / [Шевцова Л. В., Алиев А. К., Кузько О. А. и др.]. – Киев, 1998. – 148 с.

УДК [556.012; 556.535]

**Жовнір В.В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
vika-zhovnir@yandex.ua*

## **ВПЛИВ ЗАРЕГУЛЬОВАНOSTI НА ТЕРМІЧНИЙ РЕЖИМ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ (НА ПРИКЛАДІ САБАРІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА)**

На прикладі Сабарівського водосховища оцінено вплив зарегульованості на термічний режим Південного Бугу. Аналіз проведено по трьох гідрологічних постах (м. Вінниця, с. Сабарів та с. Селище), по двох з яких відновлено дані спостережень.

Створення водосховищ та регулювання ними стоку суттєво перетворює природний гідрологічний режим річок [1]. Зокрема, водосховища змінюють термічний режим річок нижче гідровузлів. Восени та взимку з водосховищ у нижній б'єф надходить більш тепла, а навесні – більш холодна (в середньому на 2-4 °С) вода. Прогрівання води навесні та охолодження восени до природних температур запізнюються на 5-20 діб. Річна амплітуда коливань температури води в нижніх б'єфах у порівнянні з природними умовами зменшується. На великих водосховищах протяжність зони впливу на термічний режим річок досягає, інколи, десятки та сотні кілометрів [1]. В Україні найбільш детально досліджено вплив на термічний режим Дністровського водосховища [1, 2].

Звичайно, морфометричні параметри всіх 16 водосховищ, побудованих на Південному Бугу, значно поступаються параметрам Дністровського водосховища.

Вибір в якості об'єкту дослідження Сабарівського водосховища обумовлений унікальним (для даної річки) розташуванням гідрологічних постів, де проводяться (або проводилися) виміри температури води. Незважаючи на те, що в даний час (2016 рік) спостереження продовжуються лише на одному з постів – р. Південний Буг – с. Селище – наявність досить тривалих рядів одночасних спостережень по інших постах – р. Південний Буг – м. Вінниця та р. Південний Буг – с. Сабарів – дає можливість відновити ряди значень температури води та провести певний аналіз впливу водосховища на її середні та характерні значення.



Сабарівська ГЕС здійснює добове регулювання стоку річки Південний Буг і використовується в години максимального навантаження в енергосистемі. Завдяки підпору від ГЕС утворилося водосховище довжиною до 25 км та середньою шириною 150 м. Відмітка нормального підпірного рівня (НПР) водосховища становить 233,5 м БС, рівня мертвого об'єму (РМО) – 228,4 м БС. Повний об'єм водосховища при НПР становить 8,6 млн. м<sup>3</sup>, корисний – 1,8 млн. м<sup>3</sup>. Площа поверхні водойми при НПР становить 2,9 км<sup>2</sup>.

Для проведення аналізу впливу Сабарівського водосховища на термічний режим річки Південний Буг нами відновлено дані спостережень за температурою води по гідрологічних постах: р. Південний Буг – м. Вінниця та р. Південний Буг – с. Сабарів.

Для відновлення даних по посту с. Сабарів, закритому в 2004 році, використано дані гідрологічного поста р. Південний Буг – с. Лелітка. Сумісний період спостережень по постах с. Лелітка та с. Сабарів складає 60 років(1945-2004 рр.).

Період сумісних спостережень по гідрологічних постах м. Вінниця та с. Лелітка становить 44 роки (1945-1988 рр.). Величини коефіцієнтів парної кореляції сезонних значень температури води між цими постами вище 0,7, за виключенням зимового сезону, коли  $r = 0,35$ . Остання обставина пояснюється тим, що в зимовий період температура води в створі поста Сабарів є вищою за природну, оскільки скиди води з водосховища здійснюються з глибини 4,0 м, де температура води в зимовий сезон є вищою за поверхневу. Тому для відновлення значень температури води по гідрологічному посту м. Вінниця за зимовий сезон було використано дані по посту с. Лелітка.

Зв'язок між значеннями температури води по цьому посту та посту м. Вінниця в зимовий період є кращім –  $r = 0,85$ . Ймовірні похибки обчислених коефіцієнтів кореляції знаходяться в межах 0,02-0,08.

Для аналізу впливу Сабарівського водосховища на термічний режим Південного Бугу використано період з 2002 по 2014 рр. тривалістю 13 років, протягом якого є дані про температуру води по всіх трьох постах.

Сумісний аналіз внутрішньорічного ходу температури води по гідрологічним постах м. Вінниця та с. Сабарів за вказаний вище період свідчить про те, що впродовж всього року температура води по г/п Вінниця є нижчою, ніж на г/п Сабарів. Якщо в холодний період року вищу температуру води в нижньому б'єфі ГЕС можна пояснити скиданням через турбіни більш теплої (ніж в поверхневому шарі) води з

глибини 4,0 м (на такій глибині знаходиться відмітка порогу водоприймача ГЕС), то в теплий період року тенденція повинна бути зворотною. Ми ж спостерігаємо, що і в теплий період року температура води по розташованому нижче ГЕС г/п Сабарів є дещо вищою, ніж по г/п Вінниця, розташованому у верхньому б'єфі. Влітку різниця не перевищує 0,3 – 0,4 °С, тоді як взимку може досягати 1,1 – 1,2 °С. Щоб пояснити таке протиріччя, ми розглянули режим роботи Сабарівської ГЕС.

Вище було зазначено, що ГЕС працює в режимі погашення пікового навантаження. Під час літньо-осінньої межени, коли водність Південного Бугу є відносно низькою, вона працює вранці, починаючи від 8-9 години і закінчує працювати через 2-3 години. Отже, в нижньому б'єфі ГЕС водність під час вимірів температури води (8-ма та 20-та години) є низькою, що сприяє (особливо в другій половині дня) кращому її прогріванню.

Сумісний аналіз внутрішньорічного ходу температури води по гідрологічним поста́м с. Сабарів та с. Селище за період 2002-2014 р. свідчить про те, що на віддалі близько 10 км від греблі Сабарівської ГЕС термічний режим річки Південний Буг стає близьким до природного. В холодний період року (з грудня по травень) температура води безпосередньо нижче ГЕС (г/п Сабарів) є вищою, то впродовж теплого періоду (червень-листопад) тенденція є зворотною. Пояснюється це тим, що в теплий період року, за відносно низької водності річки, на відрізьку від Сабарова до Селища відбувається нагрівання води, скинутої з водосховища.

Отже, створення водосховищ, навіть незначних за об'ємом, перетворює термічний режим річок нижче гідровузлів. Величина перетворень залежить як від розмірів водосховищ та глибини з якої скидається вода, так і від режиму роботи ГЕС.

\* \*

1. *Вишневський В.І.* Вплив антропогенного фактора на стік найбільших річок України / В.І. Вишневський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 230-238.

2. *Гуляева О.А.* Особенности термического режима Днестровского водохранилища // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Озера та штучні водойми України: сучасний стан та антропогенні зміни». – Луцьк: РВВ «Вежа», 2008. – с. 166-169

УДК 556.55 (28)

**Іванова Н. О.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ  
Ivanova\_n\_a@ukr.net*

## **ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОДНИХ МАС У ВОДОСХОВИЩІ САСИК**

Визначено особливості переміщення водних мас у водосховищі Сасик на різних етапах його існування. Проаналізовано вплив зміни гідрологічного режиму водойми на циркуляції водних мас.

Одним з найважливіших елементів гідрологічного режиму будь-якої водойми є внутрішньоводоймові гідродинамічні процеси, що впливають на якість водного середовища. Саме внутрішній водообмін та швидкість течій характеризують особливості переміщення водних мас по акваторії водойми, тим самим впливаючи на її екологічний стан.

Вивчення течій у водоймі можливо шляхом натурних досліджень та розрахунків, в тому числі моделюванням. Зокрема, в екологічній гідрології при моделюванні значного поширення набув метод повних потоків [3], адаптований до малих глибин. Цей метод дає можливість вивчити характер переміщення водних мас за заданих сталих умов. В якості вихідної інформації при моделюванні використовуються морфометричні характеристики водойми, деякі гідрологічні дані (притік та стік води з водойми), а також метеорологічні умови (напрямок та швидкість вітру).

Однією з перших водойм, для яких проводилося моделювання за описаним методом стало водосховище Сасик, створене на базі причорноморського лиману в 1980-х роках [1, 2]. Інтерес до гідрологічного режиму даної водойми тоді був обумовлений включенням її до проектного водогосподарського комплексу (ВГК) Дунай-Дніпро та Дунай-Дністровської зрошувальної системи (ДДЗС). На сьогодні водосховище виключено зі складу ДДЗС, а ВГК так і не був створений.

В існуванні водойми виділяють два основні етапи: лиман-озеро (до 1978 р.) та водосховище, що включає становлення (1980-90-ті рр.) і сучасний період.

Сасик – це неглибока водойма (середня глибина – 2 м) з площею акваторії 208-210 км<sup>2</sup>, грушовидної форми, витягнута з півдня на північ на 35 км. В лимані об'єм води становив 380-430 млн м<sup>3</sup>, а у водосховищі при

НПР – 500 млн м<sup>3</sup>. За морфологічними характеристиками водойма поділяється на два райони – північний та південний, межею яких є звуження, розташоване ближче до північного краю. За деякими гідрологічними та гідروفізичними показниками в південному районі виокремлюють ще центральний, розташований за звуженням.

На етапі лиману-озера основною особливістю Сасика був періодичний зв'язок з морем через прорани та прорви. Найбільшою з них була Кундуцька прорва шириною 100-200 м. Саме через неї у водойму потрапляла основна частина води з моря. При відсутності впливу вітру морська вода могла поширюватися виключно в південно-східній частині водойми на площі до 30 км<sup>2</sup>. При цьому більшу частину південного і центрального районів займала циклональна циркуляційна зона. Води річок Когильник і Сарата поширювалися, в основному, в північній частині водосховища. В таких умовах середня швидкість стокових течій по всій акваторії Сасика становила 0,01-0,2 см/с.

Слід зазначити, що більшу частину року акваторія водойми зазнає вітрового впливу. Найбільш повторюваними є вітри меридіонального напрямку, частіше північного. Середня швидкість вітру над водоймою складає 4-5 м/с. При дії північного вітру на лимані утворювалися вітрові течії із середньою швидкістю від 2,5 до 10,3 см/с.

В період становлення водосховища відзначалися два крайні режими проточності. Перший з них – непроточний варіант – відмічався тоді, коли по каналу Дунай-Сасик не надходила вода. Другий варіант – максимальна проточність – мав місце при одночасній роботі всіх гідротехнічних споруд: канал Дунай-Сасик (максимальна реальна витрата 100 м<sup>3</sup>/с), насосна станція відкачки (НСВ) в комплексі зі шлюзом-самоскидом (умовно прийнята витрата 90 м<sup>3</sup>/с) та дві насосні станції зрошення (кожна з витратою по 5 м<sup>3</sup>/с).

При максимально проточному варіанті схеми циркуляцій вод у порівнянні з непроточним майже не змінювалися. Можна лише зазначити, що при широтних вітрах дунайська вода, що надійшла до водойми по каналу, транспортувалася до НСВ по крайній південній частині водойми. Тому перемішувалася вона з водами водосховища лише на досить обмеженій ділянці. При меридіональних вітрах вона переміщується по більшій частині акваторії: під час північного вітру вздовж правого берега, а під час південного – вздовж лівого.

Сучасний період (умовно з 2000-го року) відзначився зміною умов максимально проточного режиму водосховища. В останні роки через виключення водосховища зі складу ДДЗС перестали працювати насосні станції. На сьогодні регулювання водообміну проводиться за рахунок

роботи каналу, який працює в цілому від 3 до 6 місяців на рік з витратою 10-100 м<sup>3</sup>/с, та шлюзу-самоскиду НСВ. Бувають періоди, коли по каналу надходить дунайська вода, а шлюз-водоскид не працює. Можлива і зворотна ситуація, але рідше.

При відсутності вітру під час роботи гідроспоруд стокові течії в середньому по вертикалі мають швидкість 0,01-3,8 см/с при максимальній реальній витраті каналу (100 м<sup>3</sup>/с) та 0,01-0,5 см/с при мінімальній (10-15 м<sup>3</sup>/с). Навіть максимальні надходження води особливо не впливають на характер переміщення водних мас по акваторії – лише на інтенсивність потоків.

При непроточному варіанті в сучасних умовах стокові течії відсутні, а переміщення водних мас залежить від впливу вітру. Так, при меридіональних вітрах середньої швидкості (5 м/с) на водосховищі формуються дві приблизно однакові циркуляційні зони. За даними моделювання в південному та центральному районах їх інтенсивність сягає 100 м<sup>3</sup>/с при середній по вертикалі швидкості 2,5-9,8 см/с. В північному районі швидкості менші і не перевищують 8,4 см/с.

Під час впливу широтних вітрів на акваторії Сасика виділяються три окремі циркуляційні зони, що приблизно відповідають трьом районам водосховища. За інтенсивністю найбільшою є циркуляція південного району – до 100 м<sup>3</sup>/с, в центральному районі – до 80 м<sup>3</sup>/с, в північному – до 40 м<sup>3</sup>/с. Швидкості течій в центральному та південному районі при таких вітрах становлять 2,4-8,4 м/с, в північному – 2,7-6,7 см/с. Необхідно зазначити, що при широтних вітрах водообмін між районами майже не відбувається.

Отже, переміщення водних мас по акваторії водосховища Сасик, в основному, залежить від дії вітру на водну поверхню. Стокові течії відіграють малу роль у внутрішньоводоймовій динаміці водойми на всіх етапах її існування.

\* \*

1. *Тимченко, В. М.* Циркуляции вод в Сасыкском водохранилище. / В. М. Тимченко, А. С. Литвинов, М. П. Колесник [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1988. – Т.24, № 4. – С. 67–73.

2. *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоемов Украины / В. М. Тимченко. – К. : Наукова думка, 2006. – 384 с.

3. *Фезельбаум А. И.* Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений / А. И. Фезельбаум; Ин-т океанологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 127 с.

УДК 556.166

**Казакова А.О.<sup>1</sup>, Шакірзанова Ж.Р.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> *Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна,*<sup>1</sup> *kazackova.angel@gmail.com*<sup>2</sup> *jannetodessa@gmail.com*

## ТЕРИТОРІАЛЬНИЙ МЕТОД ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕСНЯНОГО СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ В СУЧАСНИХ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Актуальною задачею дослідження є територіальне довгострокове прогнозування характеристик весняного водопілля в басейні р. Південний Буг, що дає змогу їх передчасного визначення для будь-яких річок території включаючи й не вивчені у гідрологічному відношенні. Вирішення такої задачі стає особливо важливим в умовах сучасних змін клімату і водного режиму річок в період весняного водопілля.

**Матеріали дослідження.** Аналіз природних умов формування весняного водопілля річок басейну Південного Бугу показав, що воно є характерною фазою в річному гідрологічному режимі річок, яке формується внаслідок сніготанення та випадіння рідких опадів у весняний період року. У роботі досліджувались температурні умови зимово-весняного сезону, максимальні снігозапаси та дати їх настання, опади, максимальна глибина промерзання ґрунтів, стокові характеристики весняного водопілля (шари стоку та максимальні витрати води). Багаторічний хід гідрометеорологічних чинників та характеристик стоку весняного водопілля вказує на те, що на фоні зростання температур повітря зимово-весняного сезону, спостерігається циклічність їх коливання при вираженому спадному тренді за останні десятиріччя. Коефіцієнти кореляції є значущими (при кількості років спостережень  $n$  від 33 до 96) та сягають 0,62-0,71.

**Метод дослідження.** Метод територіальних довгострокових прогнозів максимального весняного стоку річок (шарів стоку і максимальних витрат води) заснований на використанні регіональних залежностей цих величин від кількості вологи на басейні, виражених у модульних коефіцієнтах, тобто по відношенню до їх середньобагаторічних величин у вигляді [1, 2]

$$k_m = f(k_X), \quad (1)$$

$k_m$  – модульний коефіцієнт шарів весняного стоку ( $k_m = Y_m / Y_0$ ,  $Y_m$  –

величина шарів стоку весняного водопілля, мм) чи максимальних витрат води ( $k_m = q_m / q_0$ ,  $q_m$  – максимальний модуль весняного водопілля,  $\text{м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2$ );  $k_X$  – модульний коефіцієнт запасів вологи на басейні, які приймають участь у формуванні максимального стоку води весняного водопілля  $k_X = (S_m + X_1 + X_2)/(S_0 + X_{1_0} + X_{2_0})$ ,  $S_m$  – максимальний запас води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення, мм;  $X_1$  та  $X_2$  – рідкі опади періоду весняного сніготанення та періоду спаду весняного водопілля, мм.

Особливістю методики є те, що здійснюється попередній прогноз типу водності майбутнього водопілля, який встановлюється за знаком дискримінантної функції (вище, нижче або близьке до норми). Для річок басейну Південного Бугу рівняння має вигляд [1]  $DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{ns}} + a_3 k_L + a_4 \theta_{02}$ , де  $A(a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_m)$  – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;  $m$  – кількість ознак чи дискримінантних змінних ( $j=1, 2, \dots, m$ ), які характеризують об'єкт дослідження:  $k_{q_{ns}} = Q_{ns} / Q_{ns_0}$  – модульний коефіцієнт індексу зволоження ґрунтів, де  $Q_{ns}$  – середньомісячні витрати води перед початком весняного водопілля,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $k_L = L / L_0$  – модульний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунтів за зиму, де  $L$  – максимальна глибина промерзання ґрунтів, см;  $\theta_{02}$  – середньомісячна температура повітря в лютому,  $^\circ\text{C}$ .

Встановлено, що для річкових систем, які знаходяться в однорідних умовах формування весняних водопіль дискримінантні рівняння є стійкими і можуть використовуватися для всіх річок таких районів. Басейн р. Південний Буг відноситься до районів 10, 11а та 11б (в межах рівнинної території України) [1]. Залежності для прогнозування шарів стоку і максимальних витрат води виду (1) були побудовані у відповідності зі знаком дискримінантних функцій і описуються рівняннями виду  $k_m = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3$ , де  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти рівнянь, які визначаються в межах однорідних районів.

Забезпеченість прогнозних величин у багаторічному розрізі ( $P\%$ ) встановлюється за прогнозними модульними коефіцієнтами шарів стоку або максимальних витрат води водопілля та їх статистичними характеристиками при використанні трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля у вигляді інтервалу  $P_1\% < P_{Y(Q)}\% < P_2\%$  (де  $P_1\%$  та  $P_2\%$  – верхня і нижня межа забезпеченостей при встановленому співвідношенні  $C_s / C_v = 2.5$ ).

**Форма представлення прогнозу.** Прогнозні величини (у вигляді модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних витрат води)

представляються у вигляді карта-схем розподілу їх по території. За цими карта-схемами визначаються прогнозні модульні коефіцієнти  $k_m$  для будь-яких річок басейну Південного Бугу та перераховуються в шари стоку,  $Y_m$ , мм, за рівнянням  $Y_m = k_m \cdot Y_0$ , або в максимальні витрати води,  $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с, за рівнянням  $Q_m = k_m \cdot q_0 \cdot F$ ,  $F$  – площі річкових водозборів, км<sup>2</sup>. Середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля  $Y_0$ , мм, визначаються для будь-яких річок території за карта-схемою їх розподілу по території. Вплив лісу та боліт на шар весняного стоку  $Y_0$  враховується при використанні коефіцієнтів  $k_l = 1 - 0,082 \lg(f_l + 1)$  та  $k_b = 1 - 0,24 \lg(f_b + 1)$ ,  $f_l$ , % та  $f_b$ , % – площі лісу і боліт на басейні. Середньобагаторічні величини максимальних модулів весняного водопілля  $q_0$ , м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>), визначаються за моделлю редуційних типових гідрографів водопіль [2] за рівнянням  $q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r$ , де  $q_0$  – середній багаторічний модуль максимального стоку, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);  $q'_0$  – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);  $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$  – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;  $\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;  $r$  – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

**Висновки.** Запропонований метод територіального довгострокового прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля використаний при перевірці прогнозної методики на незалежних матеріалах (2001-2010 рр.) для річок басейну Південного Бугу. Забезпеченість допустимих похибок прогнозів для шарів стоку становить  $P=89-91\%$ , а для максимальних витрат води –  $P=95-96\%$ .

Рекомендується базові характеристики прогнозної схеми уточнювати в сучасних умовах змін клімату і водного режиму весняних водопіль шляхом введення поправкових коефіцієнтів.

\* \*

1. Шакірманова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України / Ж.Р. Шакірманова – Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. – 252 с.

2. Гонченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять: Монографія – Одеса: Екологія, 2011. – 336 с.



УДК [556.53+574.52](282.247.3)

**Коржов Є.І.***Херсонська гідробіологічна станція НАН України  
jkorzhov@bk.ru***ГІДРОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ  
ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ Р. КАЛАНЧАК**

Проведено аналіз основних елементів гідрологічного режиму, зміна яких призвела до погіршення екологічного стану малої річки Каланчак в сучасний період. Запропоновано методи покращення стану водної екосистеми річки шляхом регулювання її гідрологічного режиму.

Річка Каланчак є малою степовою річкою басейну Чорного моря, що розташована на півдні Херсонської області. Довжина постійного русла складає 25 км, руслова ємність біля 1600 тис. м<sup>3</sup>, загальна площа водозбору – 650 км<sup>2</sup>, середній річний об'єм стоку – 5,23 млн. м<sup>3</sup>. Водозбір річки значно розораний, в центральній частині (вище смт. Каланчак) пересікається Північно-Кримським каналом, значна площа зайнята зрошуваними землями. В гирлі річки, шляхом встановлення двох насипних дамб, в середині 70-х років минулого століття створено штучний риборозвідний став площею 479 га, за рахунок чого майже повністю припинилось сполучення річкових та морських вод.

Натурні дослідження річки Каланчак, проведені в складі експедиційних робіт Херсонської гідробіологічної станції НАН України в літньо-осінній період 2015 р., дозволили виділити основні фактори погіршення стану її водної екосистеми та умов існування гідробіонтів в сучасний період. Серед гідрологічних факторів можна виділити наступні:

1) Мала водність річки та, як наслідок, недостатня проточність руслової мережі. Цей фактор включає як природне зменшення водності в останні десятиліття під впливом кліматичних змін, так і антропогенну зміну природних морфометричних особливостей руслової мережі (насипні мости, греблі в гирловій ділянці ріки, тощо), що призводить до утворення великих за площею застійних зон, підвищення трофності на окремих ділянках, порушення природного виносу забруднених і високотрофних вод з акваторії річки.

2) Накопичення в руслі річки значної кількості дрібнофракційних донних відкладів та надлишкової рослинності, що в комплексі створюють

умови для вторинного забруднення водного середовища та негативно впливають на розвиток та існування представників водної флори і фауни.

Виходячи з цих причин, нами запропоновано ряд заходів по усуненню несприятливих факторів, які призводять до деградації водної екосистеми річки в нинішній час:

1) *Збільшення водності ріки шляхом додаткового постачання вод до її русла. Загальний об'єм додаткових вод зі всіх джерел повинен складати не менше 216 тис. м<sup>3</sup> на добу (витрата 2,5 м<sup>3</sup>/с).*

2) *Ліквідація двох насипних дамб в гирлі річки, що перешкоджають вільному сполученню річних та морських вод.*

3) *Розчистка русла від надлишкової вищої водної рослинності з перевагою біологічних методів.*

Найбільш важливими заходами щодо поліпшення екологічного стану є ті, що спрямовані на збільшення водності ріки та проточності руслової мережі. Більшість негативних факторів водного середовища, що були виявлені нами при натурному обстеженні та за результатами обробки і аналізу відібраних проб води, пов'язані з переважанням застійних явищ в руслі річки. До таких факторів відносяться: повільні швидкості течії води, активна седиментація завислих у воді речовин, накопичення органічних сполук, замулення ложа, заростання вищою водною рослинністю, тощо.

Для підтримання екосистеми річки в нормальному стані мінімальне додаткове надходження вод до акваторії зі штучних джерел повинне складати не менше 216 тис. м<sup>3</sup> на добу. Серед таких джерел можна використовувати воду з Північно-Кримського каналу, прибережних свердловин та дренажних установок різного типу.

Для реалізації постачання додаткових об'ємів води з Північно-Кримського каналу найбільш економічно вигідними є установки сифонного типу. Значну частину рекомендованих додаткових об'ємів води можна отримувати з установок, що використовують підземні джерела живлення, які слід розташувати в прибережній смузі. За даними Департаменту екології та природних ресурсів у Херсонській області [2] прогнозні ресурси питних та технічних підземних вод в районі р. Каланчак становлять 214,9 тис. м<sup>3</sup>/добу, а використовується лише 4% від цих запасів. Встановлення свердловин та дренажних установок дозволить не тільки підвищити водність ріки та забезпечити надходження до акваторії більш чистих (слабо мінералізованих та не насичених органічними речовинами) вод, але й знизити ризик підтоплення

прибережних територій, який є ще однією з екологічних проблем водозбору і Херсонської області взагалі.

Для повернення природного стану руслової мережі та відновлення вільного сполучення річкових і морських вод рекомендовано ліквідувати насипні греблі в гирлі річки. Насипний земляний вал верхньої греблі риборозвідного ставу перекриває природне русло річки на 85%, нижньої греблі – на 95%. Хоча пропускна здатність обох дамб достатня, вони порушують природну динаміку річкового потоку, що сприяє активізації процесів мулонакопичення і седиментації завислих у воді речовин, створює умови для загальної деградації водної екосистеми всієї гирлової ділянки ріки. За всі роки існування ставу в ньому накопичилась значна кількість донних відкладів, що складаються переважно з органічних речовин. У зв'язку з цим при ліквідації гребель бажано проводити поступовий спуск ставу в гирлі річки, впродовж 4–6 років, що буде супроводжуватись частковим видаленням донних відкладів, потужність яких місцями сягає 1 м.

Серед засобів боротьби із заростанням руслової мережі найбільш прийнятними для р. Каланчак є видалення водної рослинності шляхом ручного викошування, оскільки глибини в руслі невеликі, а ширина не достатня для роботи спеціальних збиральних машин.

Наряду з викошуванням, досить ефективним методом для невеликих за площею водних об'єктів, є біологічна меліорація, що включає в себе вселення і розведення рослиноїдних видів риб та водних тварин. До таких відносяться білий амур, білий та строкатий товстолобики, нутрії, ондатри, качки [1].

Комплексне застосування запропонованих заходів сприятиме збільшенню водності та швидкості течії в річці Каланчак, покращенню якості вод та збільшенню їх самоочисної здатності за рахунок збагачення вод киснем, посилення динаміки потоку і розбавлення більш чистими водами.

\* \*

1. Науково-практичні рекомендації щодо покращення екологічного стану слабопроточних водойм пониззя Дніпра / С.В. Овечко, Є.І. Коржов, В.Л. Гільман. – Херсон, 2015. – 28 с.

2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Херсонській області за 2001–2014 рр. / [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://ecology.ks.ua/index.php?module=page&id=11>.

УДК 551.468.4

**Кушнір Д.В.<sup>1</sup>, Тучковенко Ю.С.<sup>2</sup>***Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна*<sup>1</sup>*dkush@ukr.net*<sup>2</sup>*science@odeku.edu.ua*

**ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ  
В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН  
ТА ЗРОСТАЮЧОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

З метою оцінювання та прогнозування просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик (рівня, солоності, температури води) Куяльницького лиману застосована нестационарна тривимірна гідротермодинамічна модель Delft3D-FLOW. Проведено адаптацію моделі до умов Куяльницького лиману та її верифікацію. Результати дослідження свідчать про можливість використання чисельної моделі для визначення особливостей та прогнозування просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману під впливом природних та антропогенних чинників.

У період 2009-2014 рр., в результаті інтенсивної антропогенної діяльності та збільшення посушливості клімату, відбувається катастрофічне обміління та збільшення солоності вод Куяльницького лиману, наслідком чого стає реальною загроза втрати цінних лікувальних властивостей мулів і ропи у ньому. Для її запобігання, в грудні 2014 р була введена в експлуатацію водопропускна система, що дозволяє поповнювати Куяльницький лиман морською водою Одеської затоки.

У зв'язку з викладеним, особливої актуальності набуває задача відтворення та прогнозування просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману (рівня, солоності, температури води), які обумовлюють хімічні та біологічні процеси у ньому та впливають на властивості ропи та лікувальних грязей лиману.

Метою роботи є адаптація до умов Куяльницького лиману тривимірної чисельної гідротермодинамічної моделі Delft3D-FLOW [1], верифікація даної моделі та визначення можливостей її застосування для діагнозу і прогнозу мінливості гідрологічних характеристик лиману за умов водогосподарських перетворень на його водозбірному басейні,

різних режимів поповнення лиману морською водою з Одеської затоки, зміни кліматичних чинників.

Для проведення гідродинамічного моделювання була побудована ортогональна криволінійна розрахункова сітка, підігнана до меж акваторії лиману. Сітка складалась з  $39 \times 270$  розрахункових осередків у горизонтальній площині, з перемінними розмірами: 60-280 м вздовж повздовжньої вісі лиману та 40-210 м – у поперечному напрямку. По вертикалі задавались три розрахункових рівні у криволінійній  $\sigma$ -системі координат. Часовий крок рішення рівнянь моделі приймався рівним 30 с.

При моделюванні, на верхній (з атмосферою) межі розрахункової області задавались: часова мінливість відносної вологості, температури повітря, балу хмарності, напряму та швидкості вітру, кількості атмосферних опадів (з дискретністю 3 години).

Адаптацію моделі до умов лиману проведено із використанням архівних гідрометеорологічних даних для двох обраних екстремальних років: 1987 р. та 2003 р. Верифікація моделі проводилась за умов 2015 р. із використанням даних спостережень за мінливістю рівня води в лимані на водпосту «Одеса-Куяльник» та епізодичних спостережень за рівнем, температурою та солоністю води у лимані, виконаних фахівцями Одеського державного екологічного університету при проведенні моніторингу протягом 2015 р.

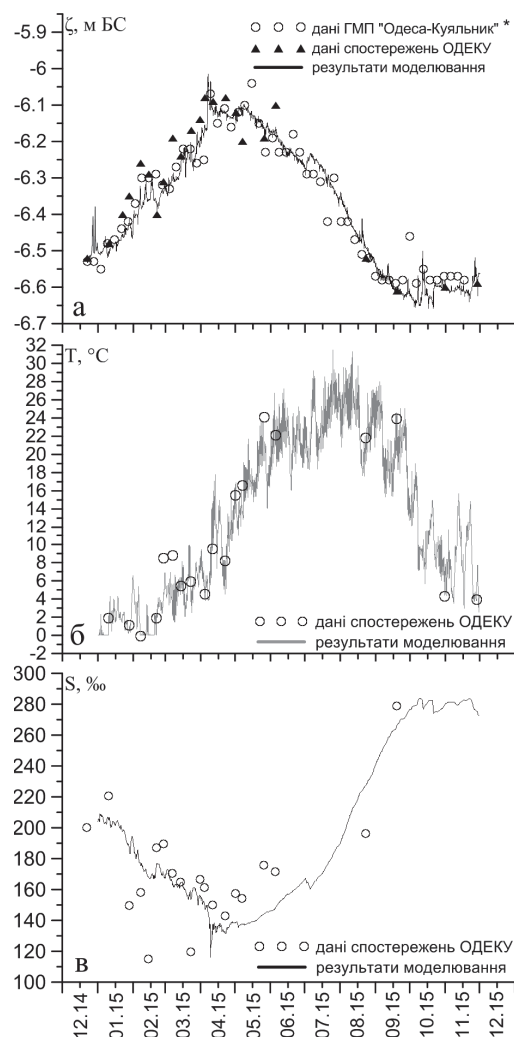


Рис. 1. Часова мінливість рівня (м БС) (а), температури (°С) (б) та солоності (‰) (в) води, у південній частині лиману протягом 2014-2015 рр.: за даними спостережень та отримана при моделюванні

Результати модельних розрахунків просторово-часової мінливості рівня, температури, солоності води в Куяльницькому лимані у 2014-2015 р.р. приведені на рис. 1-2.

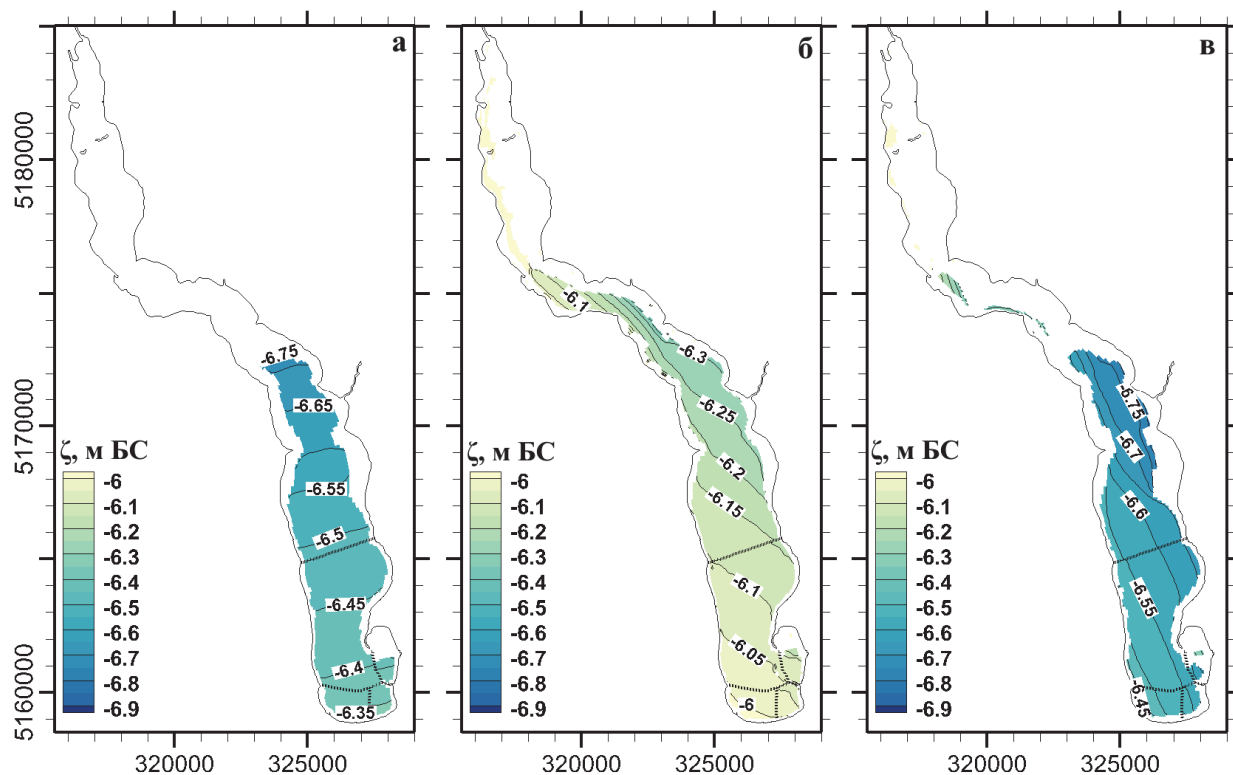


Рис. 2. Отримана при моделюванні просторова мінливість відміток рівня води у лимані, м БС, та меж його водного дзеркала у 2015 р: а - 29.12.2014 р. 15:00; б – 07.04.2015 р. 03:00; г – 12.10.2015 р. 00:00

Отримані результати моделювання свідчать про можливість використання гідродинамічної моделі Delft3D-FLOW для дослідження особливостей і прогнозування просторово-часової мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману під впливом природних та антропогенних чинників, що формують його гідрологічний режим.

\* \*

1. Delft3D-FLOW – Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments [Електронний ресурс]: / Deltares systems // Delft, the Netherlands. – 2016. Режим доступу: [http://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW\\_User\\_Manual.pdf/](http://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf/).

УДК 556.167

**Липистій О. В., Діденко Г.В.**

*Центральна геофізична обсерваторія, м. Київ  
hydrocgo@meteo.gov.ua*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ ДНІПРА**

Проведено аналіз 30-добового мінімального стоку в зимовий та літньо-осінній сезони на річках басейну Дніпра. Перевірено часові ряди мінімального стоку на однорідність та проаналізовано значимість його лінійних трендів.

Мінімальний стік – найменший за величиною стік, який спостерігається на річках в меженний період їх водності [3]. Основні характеристики мінімального стоку є найменші середньодобові та 30-ти добові (середні за безперервні 30 діб) витрати води. Дані характеристики визначаються для зимового і літньо-осіннього періоду (періоду відкритого русла) [6].

Дослідженню змін мінімального стоку річок України присвячено ряд наукових робіт. Аналіз часового розподілу мінімального стоку розглянутий в працях Т.О.Баужі, Л.О.Горбачової [1], В.В.Бібіка, О.О.Винарчук, О.І.Лук'янець, В.К.Хільчевського [2], В.В. Гребня [4] та ін. Детальна оцінка мінімального стоку річок Білорусії висвітлена в праці О.О.Волчека [3]. В даних працях досліджувались циклічні коливання та фази водності мінімального стоку, а також вплив метеорологічних факторів на формування та зміни мінімальних витрат води.

Об'єктами дослідження є відносно незарегульовані притоки Дніпра, з площею водозбору від 3 до 36 тис. км<sup>2</sup>, а саме Прип'ять, Стир, Горинь, Случ, Десна, Сейм, Рось, Сула, Псел, Ворскла, Оріль, Самара.

Метою роботи є узагальнення та аналіз багаторічних даних по мінімальних витратах води (середніх за 30 діб) літньо-осінньої та зимової межени за весь період спостереження до 2014 року.

Оцінюючи однорідність рядів за критеріями Фішера, Стьюдента та Вількоксона [5] за допомогою програми StokStat1.2 (GeoDigital, Росія) нами було встановлено, що більшість досліджуваних рядів мають порушену однорідність як в зимовий період, так і в період відкритого русла. Це свідчить про непостійність мінімальних витрат в часовому перерізі. Однорідними є мінімальні витрати в меженні періоди на притоках Середнього Дніпра (р. Сула, р. Псел, р. Ворскла). Розрахункові

значення критеріїв однорідності коливались в межах 1,1–8,1 для критерію Фішера, 0,1–5,9 для критерію Стьюдента та 102–981 для критерію Вількоксона, при допустимих значеннях (для 5% рівня значимості) від 2,1 до 2,3; 1,9–2,1 та 230,9–637,4 відповідно.

Побудовані хронологічні графіки часових рядів мінімальних витрат води (для зимового і літньо-осіннього періоду) в басейні р. Дніпро свідчать про наявність направленого тренду до їх підвищення.

Оцінивши значимість лінійних трендів мінімальних витрат води за рекомендаціями [7] можна відмітити, що на більшості досліджуваних річок басейну Дніпра багаторічні тренди є статистично значимими, тобто в них дотримується співвідношення  $2\sigma_R > R$  (де  $\sigma_R$  – середня квадратична похибка,  $R$  – коефіцієнт кореляції). Це свідчить про багаторічні зміни мінімального стоку за меженні періоди.

Однак, для деяких річок тренди виявились стаціонарними (табл.1). Так, для р. Горинь – с. Деражне співвідношення  $2\sigma_R > R$  становить  $0,19 < 0,29$ , для р. Случ – м. Сарни –  $0,19 < 0,22$ , р. Десна – с. Розльоти –  $0,18 < 0,30$ , р. Самара – м. Кочережки з співвідношенням  $0,20 < 0,23$  за зимову межень та в двох пунктах, це р. Случ – м. Сарни та р. Самара – м. Кочережки за літньо-осінню межень із співвідношеннями  $0,19 < 0,21$  та  $0,16 < 0,38$  відповідно.

Аналіз різницевих інтегральних кривих дозволяє простежити циклічність коливань стоку. У зв'язку з різноманітністю умов формування мінімального стоку можна виділити кілька видів коливань, що відповідають різним ландшафтно-гідрологічним зонам [4]. За різницевиими інтегральними кривими мінімальних 30-добових витрат води було встановлено, що для більшості створів починаючи з кінця 70-х років минулого століття починається багатоводна фаза із поступовим збільшенням кількісних показників мінімальних витрат води.

**Висновки.** При дослідженні мінімального стоку за період від початку спостереження до 2014 року було виявлено, що для річок басейну Дніпра характерним є порушення однорідності їх часових рядів. Для зимового періоду неоднорідними виявились часові ряди на 9 досліджуваних пунктах, а в період відкритого русла на 6 (з 12) пунктах. Це свідчить про непостійність мінімальних витрат в часовому перерізі.

Виконаний аналіз значимості лінійних трендів виявив, що більшість трендів є значимими і свідчать про зміни мінімальних 30-добових витрат води. В літньо-осінній період однорідними виявились ряди на чотирьох гідрологічних постах, в зимовий – лише на двох.

За допомогою інтегральних різницевих кривих було досліджено циклічність коливань мінімального стоку. Мінімальний стік є



несинхронний, що обумовлюється різними кліматичними факторами. На більшості гідрологічних постів спостерігається багатоводна фаза.

\* \*

1. *Баужа Т.О., Горбачова Л.О.* Особливості часового розподілу мінімального стоку води річок та струмків басейну річки Ріка // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.4(31) – С.36–47.

2. *Бібік В.В., Винарчук О.О, Лук'янець О.І., Хільчевський В.К.* Просторово – часова характеристика стоку річок Сула, Псел та Ворскла // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25) – С.85–99.

3. *Волчек, А.А.* Минимальный сток рек Беларуси : монография / А.А. Волчек, О.И. Грядунова; Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина – Брест : БрГУ, 2010. – 300, с.

4. *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.

5. *Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А.* Гідрологічні розрахунки. Одеса, ТЕС, 2014. - 483 с.

6. Методические указания по ведению государственного водного кадастра. – Ленинград, 1981 – 80с.

7. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – Санкт-Петербург, 2010. – 162 с.

УДК 551.326.03

**Лемех Л.О., Лук'янець О.І.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
м. Київ, Україна  
luba1195@mail.ru,  
luko15\_06@ukr.net*

## **ПРОГНОЗ ВСТАНОВЛЕННЯ ЛЬОДОСТАВУ НА ДІЛЯНКАХ РІЧОК ДЕСНА ТА СЕЙМ**

В роботі подано методики прогнозування дат встановлення льодоставу на ділянках р. Десна біля с. Розльоти та р. Сейм біля с. Мутин, які розроблено на основі фізико-статистичного методу. Проведено оцінку розроблених методик за показником ймовірності неперевищення допустимої похибки.

Льодовий режим річок надає великий вплив на роботу водозабірних споруд, водного транспорту, експлуатацію гідротехнічних споруд, будівництво доріг, прокладення нафто- і газопроводів [1, 2]. В свою чергу, прогнози появи льодових явищ та встановлення льодоставу на річках є дуже важливими та актуальними для раціонального використання водних ресурсів та планування різної господарської діяльності в зимовий період.

Фізико статистичний підхід прогнозування дат встановлення льодоставу на досліджуваних ділянках річок передбачає вирішення систему рівнянь [1, 2], які можна отримати:

а) за графіком зв'язку сум від'ємних значень температури повітря від дати появи плавучого льоду до початку льодоставу ( $\sum \theta_-$ ) з рівнем води в день появи плавучого льоду  $H_{пл}$ , тобто  $\sum \theta_{-min} = f(H_{пл})$  (рис.1);

б) за графіком для визначення критичної температури повітря  $\theta_{кр}$  в залежності від рівня води в день появи плавучого льоду  $H_{пл}$ , тобто  $\theta_{кр} = f(H_{пл})$  (рис.2).

Для побудови зазначених графіків використано наступну гідрометеорологічну інформацію за період з 1960 по 2012 рр.:

- дані про середньодобову температуру повітря протягом осінньо-зимового періоду по метеостанції Глухів,
- дані про температуру води напередодні дати появи плавучого льоду в гідрометричних створах р. Десна – с. Розльоти та р. Сейм – с. Мутин,

- дані про рівні води в день появи плаваючого льоду в гідрометричних створах р. Десна – с. Розльоти та р. Сейм – с. Мутин.

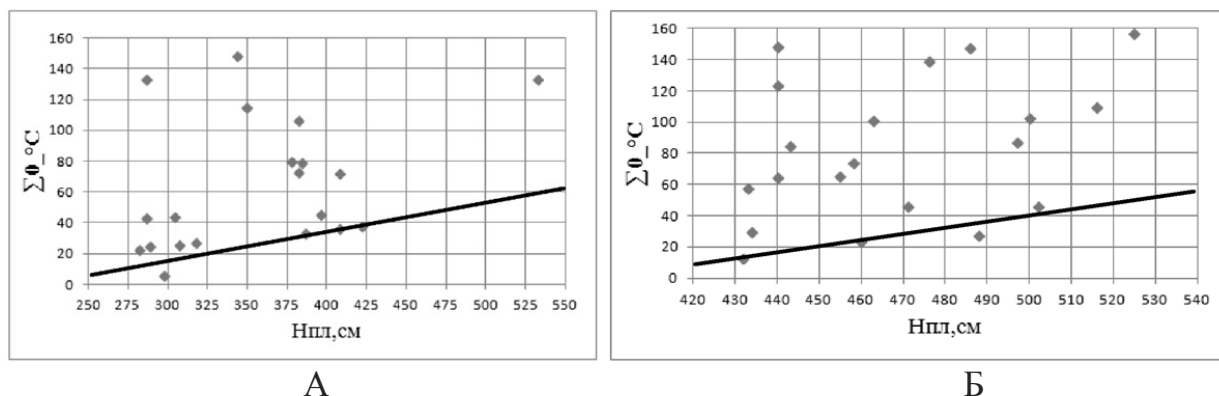


Рис. 1. Залежності сум мінімальної температури повітря необхідної для встановлення льодоставу від рівня води в день появи плаваючого льоду на ділянках р. Десна біля с. Розльоти (А) та р. Сейм біля с. Мутин (Б)

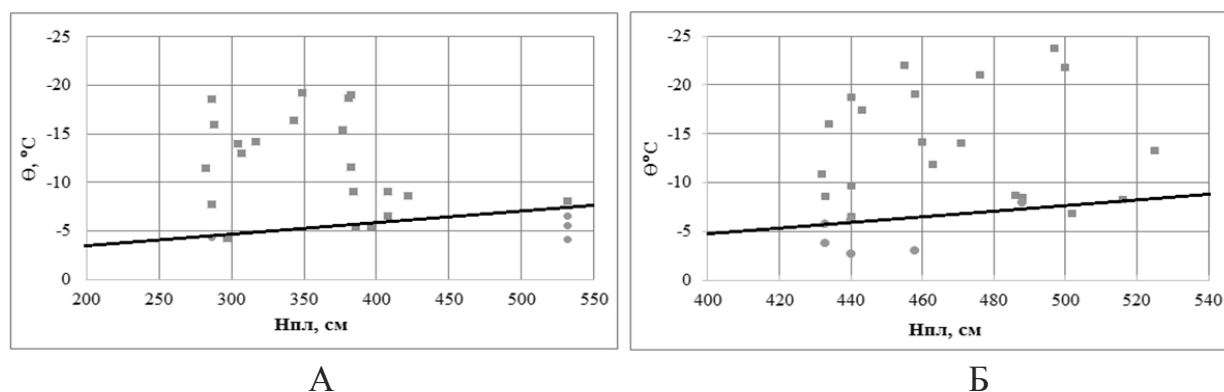


Рис. 2. Графіки для визначення критичної температури повітря в залежності від рівня води в день появи плаваючого льоду на ділянках р. Десна біля с. Розльоти (А) та р. Сейм біля с. Мутин (Б)

Нижні обвідні лінії зв'язку  $\Sigma\theta_{-min} = f(H_{пл})$  (див. рис.1) для досліджуваних ділянок річок Десни та Сейм, мають наступний вигляд:

$$\text{для ділянки А} - (\Sigma\theta_{-})_{min, Глухів} = 0,2 \cdot H_{пл, Десна-Розльоти} - 46, \quad (1)$$

$$\text{для ділянки Б} - (\Sigma\theta_{-})_{min, Глухів} = 0,4 \cdot H_{пл, Сейм-Мутин} - 160. \quad (2)$$

Розмежувальні лінії зв'язку  $\theta_{кр} = f(H_{пл})$  (див. рис.2) для досліджуваних ділянок річок Десни та Сейм, мають наступний вигляд:

$$\text{для ділянки А} - \theta_{кр, Глухів} = 0,0125 \cdot H_{пл, Десна-Розльоти} + 0,63, \quad (3)$$

$$\text{для ділянки Б} - \theta_{кр, Глухів} = 0,032 \cdot H_{пл, Сейм-Мутин} - 8,18. \quad (4)$$

Призначення отриманих залежностей та виведених рівнянь при прогнозуванні полягає у тому, що, знаючи рівень води на дату появи плаваючого льоду в створах річок, за рівняннями (1) та (2) для відповідних ділянок річок визначаємо значення сум від'ємних температур повітря, що необхідні для встановлення льодоставу. Далі слідкуємо за цим накопиченням  $\Sigma\theta_{min}$  від дати появи плаваючого льоду. Якщо в певний день така сума накопичилася, то визначити дату встановлення льодоставу допоможе рівняння (3) та (4) для відповідних ділянок річок. Якщо наступного дня за прогнозом температури повітря, вона буде дорівнювати або нижче критичної, то встановлення льодоставу відбудеться на наступний день. Якщо на певний період вперед спостерігається температура повітря вище критичної, то льодостав не встановиться.

Оскільки, завчасність метеорологічного прогнозу температури повітря становить чотири доби, то завчасність гідрологічного прогнозу дат встановлення льодоставу дві доби, що й складає допустиму похибку прогнозу.

Для з'ясування ефективності розроблених методик дат встановлення льодоставу проведено перевірочні прогнози з їх оцінкою через показник ймовірності неперевищення допустимої похибки  $P$  (%). Загальна кількість складених прогнозів дат встановлення льодоставу – 41. Результати перевірки наступні:

ймовірність неперевищення допустимої похибки  $P$  (%):

- для ділянки р. Десна біля с. Розльоти  $P=86\%$ ,
- для ділянки р. Сейм біля с. Мутин  $P=75\%$ .

Розроблені методики дат встановлення льодоставу відносяться до категорії «доброї» для ділянки р. Десна біля с. Розльоти та «задовільної» для ділянки р. Сейм біля с. Мутин.

\* \*

1. *Бефани Н.Ф.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н. Ф. Бефани, Г. П. Калинин – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 292-303.

2. *Георгиевский Ю.М.* Гидрологические прогнозы / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шапочкин. – СПб, изд РГГМУ, 2007 – С. 328-340.

УДК 556.51

**Мальцева А.Д.**

*Середньо загальноосвітня школа №166, м. Київ*

## **РЕЖИМ ГРУНТОВИХ ВОД ТЕРИТОРІЇ БЛИЖНІХ ПЕЧЕР КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ ТА ЙОГО НАСЛІДКИ**

Об'єкти культурної спадщини багатьох історичних міст України опинилися під загрозою, внаслідок обводнення четвертинних, неогенових та палеогенових відкладів. Водоносні горизонти залягають першими від поверхні в межах київського лесового плато. Зустрічаються досить високі рівні ґрунтових вод, що і сприяє руйнації історичних архітектурних пам'яток.

На території України знаходиться безліч об'єктів нерухомості культурної спадщини, починаючи від стоянки раннього палеоліту у Виноградівському районі на Закарпатті, якій близько мільйона років, Кирилівської стоянці в Києві, якій близько сорока тисячі років, і зовсім недавніх пам'яток архітектури, до яких відноситься Києво-Печерська Лавра. Києво-Печерська Лавра – одна з найбільших православних святинь України, видатна пам'ятка історії та архітектури. Києво-Печерська Лавра внесена до переліків Світової спадщини ЮНЕСКО. Одним з унікальних споруд, які дожили до наших часів є Ближні та Дальні печери (Антонієви печери). Печери ведуть свій відлік від початку 11 століття, які майже в кожному подальшому столітті розширювалися.[1]

Для спостереження за рівнем ґрунтових вод на території Києво-Печерської Лаври знаходиться найщільніша мережа режимних водопунктів, що складається з 32 свердловин для замірів рівнів ґрунтових вод, 18 водних постів для замірів витрат в штольневих дренажах, 7 гідрофізичних постів для спостережень за режимом вологості ґрунтів зони аерації. Гідрофізичні спостереження вказують на зв'язок вологості приповерхневих ґрунтів з їх літологією, рельєфом місцевості, станом водонесучих комунікацій та іншими факторами.

У 2007 р. для спостереженнями за рівнями ґрунтових вод та площею розповсюдження водоносного горизонту на території саду Ближніх печер була влаштована система режимних свердлових – 12 штук, у квітні 2009 р. додатково було влаштовано 4 свердловини.

За даними режимних спостережень 2013-2015рр. постійний водоносний горизонт розповсюджений лише у верхній частині саду. На

решті території саду водоносний горизонт має характер верховодки, тобто тимчасового, і виникає на поверхні водотривкого шару після сніготанення та довготривалих або рясних опадів. За період спостережень відмічена поява водоносного горизонту у середній частині саду у листопаді-грудні і зумовлений цей процес надходженням талої води латеральним (по поверхні глин) шляхом по зоні розуцільнених ґрунтів вздовж садової доріжки (по рядку з виноградом) та акумуляцією її в локальному пониженні. Протягом зимового періоду водоносний горизонт не зникає. Навесні, після сніготанення, площа розповсюдження тимчасового водоносного горизонту збільшується і займає майже всю територію саду, глибина до води становить 0,3-0,5 м. Інфільтрація талої води в глиб ґрунтового масиву щорічно призводить до просочування води в галереї Близьких печер. З настанням літа площа водоносного горизонту поступово зменшується і в жовтні досягає свого мінімального значення. Графіки режиму ґрунтових вод в саду Близьких печер представлено на рисунку 1.

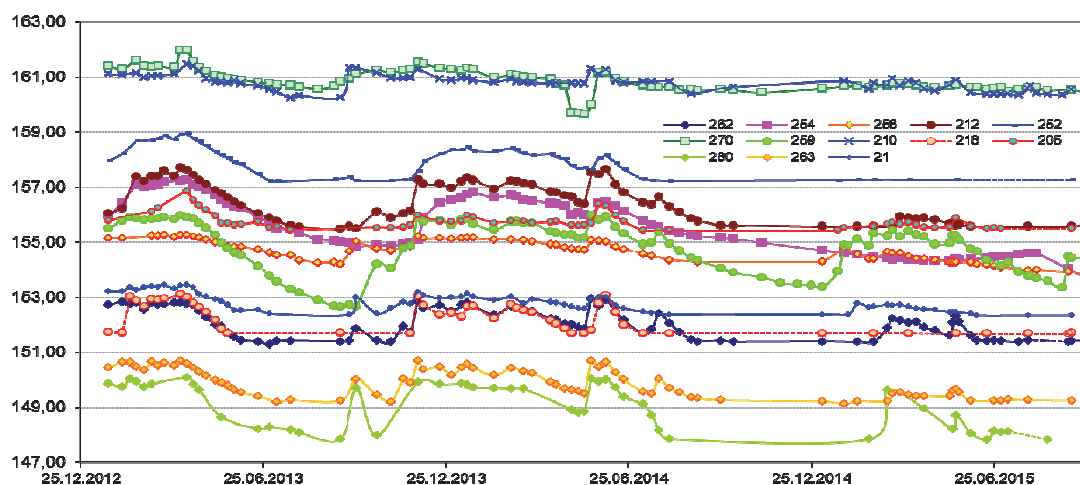


Рис. 1. Графік режиму ґрунтових вод в саду Близьких печер.

На основі візуального обстеження території Близьких печер і рівня ґрунтових вод протягом року була побудована план-схема (рис. 2), на якій показано напрям потоку ґрунтових вод в бік лабіринтів та печер ( в бік пониження рельєфу), що й призводить до поступової руйнації печер.[9]

Дальні печери постійно потерпають від просочування до лабіринтів ґрунтових та інфільтраційних вод. У Близьких печерах такі явища спостерігаються зрідка, але набувають катастрофічних наслідків. Так, у 1988 р. через перезволоження сталось аварійне обрушення стін та склепіння у вхідній галереї (наразі даний вхід не функціонує), у травні 2005 р. – по тій же причині вивал ґрунту, об'ємом до 10 м<sup>3</sup>, у підземну галерею з обрушенням склепіння.[9,11]

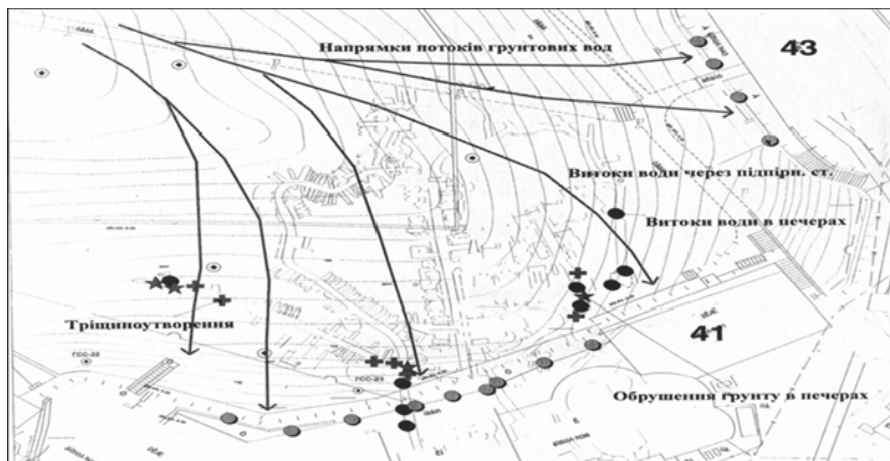


Рисунок 1 – План-схема розповсюдження водних потоків та розвантаження водоносного горизонту через підпірні стіни та в печерні лабіринти.

Рис. 2. План-схема розповсюдження водних потоків через підпірні стіни в печери та лабіринти.

**Висновок.** Інфільтрація поверхневих та ґрунтових вод є один з головних чинників впливу на технічний стан печер. Підтоплення печерних комплексів приурочене, здебільшого, до весняного сніготанення, рідше – до періодів довготривалих опадів. Неодноразово підтоплення комплексів було викликане техногенними чинниками.

\* \*

1. Проблеми та досвід інженерного захисту урбанізованих територій і збереження спадщини в умовах геоекологічного ризику / Під ред. В.М. Шестопалова, М.Г. Демчишина, В.О. Кендзери, Ю.О. Маслова. – К.: Фенікс, 2013. – VI, 252 с.

2. Підземні води. / В.О. Соловійов. – Х. : ВГ «Основа», 2015 – 110[2] с.

3. Вода і життя на Землі. / Ю.В. Новиков, М.М. Сайфутдінов. - М.: Наука, 1981. – 150 с.

4. Методичні вказівки з дисципліни: «Гідрологія» / В.А. Черданцев, Ю.І.Пивон. - К.: НГАЕіУ, 2004. – 115 с.

5. Довідкове керівництво гідрогеолога / Під ред. В.П. Якуцені. - Л.: Недра, 1967. – 197 с.

6. Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Самчук Є.В. Температурні аномалії великого міста. Український гідрометерологічний журнал. – К.,2011. - №8. – с.67-73.

7. <http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=maps-ukraine&f=php&p=1>

8. <http://www.cgo.kiev.ua/index.php>

9. *В.Ф. Рыбин, В.П. Баковой, В.А. Куцыба, И.А. Черевко.* Инженерная защита Киево-Печерской Лавры от подтопления. – К., 2013. – С.109-112., С.120-121.

10. *М.Г. Демчишин.* Геологическая среда Киева // Геол. журн. – 1991. - №2. – С. 14-24.

11. *М.Г. Демчишин.* Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-геологические аспекты). – К.: Наукова думка, 1992. – 225с.



УДК 556.51

**Мудра К.В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ  
Kmydra@i.ua*

## **ІСТОРІЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІСТЕР**

Проведено дослідження історії гідрологічних вивчень басейну річки Дністер. Проаналізовано основні напрямки дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик басейну починаючи від перших спроб дослідити Дністер та його притоки і до сьогодення. Наведено прізвища авторів, які в той чи інший час займалися різними аспектами вивчення та оцінки режиму річок басейну.

Дністер є найбільшою річкою Західної України та Молдови і відноситься до числа річок, які здавна широко використовуються в багатьох сферах господарської діяльності: водному транспорті, водопостачанні, гідроенергетиці, рибному промислі, рекреації.

Дослідження Верхнього Дністра почалися в 1769 році, цього ж року було розроблено першу детальну гідрографічну карту річки [1]. У 1826 році було створено проекти по регулюванню Верхнього Дністра та осушенню наддністрянських боліт. Перші наукові праці відомого українського географа С.П.Рудницького пов'язані з дослідженнями території басейну Дністра. Регулярні спостереження за рівнями води в басейні Дністра (верхня частина) почалися у 1850 році з відкриттям перших 4-ох постів. Проте вимірювання витрат води почалося пізніше – у 80-х роках ХІХ століття [6].

Першою роботою, що узагальнила дані про водні ресурси басейну Дністра та вперше представила його комплексну гідрологічну характеристику, слід вважати працю Доманицького А.П.[2], опубліковану у 1941 році. У 1952 році з друку вийшла публікація «Водные ресурсы реки Днестр» [1].

Ґрунтова характеристика гідрологічного режиму басейну р. Дністер наведена в монографії «Ресурсы поверхностных вод СССР» [6].

Аналіз гідрологічного режиму басейну Дністра в Україні представлений в роботах Дрозда Н.І., Сусідка М.М., Щербака А.В., Приймаченко Н.В., Гребеня В.В., Чорноморець Ю.О., Ковальчука І.П.,

Михновича А., Мельника С.А., Гончар О.М., Веріна В.Н. Особливу увагу процесам формування паводків та оцінці максимального стоку в даному басейні приділяли Пендерецький О.В., Приймаченко Н.В., Кінаш Р., Бурнаєв О., Федик І., Чорноморець Ю.О., Явкін В.Г.

Гідрологічні характеристики річок басейну Дністра представлені у роботах Швеця Г.І., Вишневського В.І., Косовця О.О., Швєбса Г.І., Ігошина М.І., Кононенко Н.І.

Гідрохімічний напрямок вивчення водних ресурсів річок басейну Дністра представлений роботами Хільчевського В.К., Аксьома С.Д., Бондарчук Т.В., Ромася І.М., Лисиченко Г.О., Шевчука Ю.Ф., Джамана В.О., Гончар О.М., Горшеніної Л.В., Коваленко Л.Б., Гопченка Є.Д., Борика С.А., Гушлі О.В. Аналіз хімічного складу води річок басейну та його зміни внаслідок антропогенного забруднення здійснювали у своїх дослідженнях Сніжко С.І., Ковальчук І.П., Іванов Є.А., Андрійчук Ю.М., Бабич М.Я., Тімченко В.М.

Дослідженнями донних відкладів та стоку наносів займалися Розлач З.В., Мельник С.В., Борик С.А., Ехнич М.П., Коваленко Л.Б.

Моніторинг руслових процесів на річках басейну Дністра за космічними знімками здійснювали Бурштинська Х., Мовчко Л., Шевчук В. Гідроморфологічні процеси досліджувалися Березницькою Н.О., Розлачем З.В.

Одна з перших експедицій для вивчення руслових процесів на Дністрі проведена за керівництвом М.П.Пузиревського [5], який за результатами досліджень опублікував книгу. Автором наводяться також фрагменти перших лоцманських карт Дністра. Дослідження Дністра з ціллю покращення його судноплавних умов були розпочаті у 1882 році В.Лохтіним і тривали до 1896 року [6]. Його роботи по Дністру були першими класичними гідрологічними дослідженнями в Росії.

Важливим етапом сучасного дослідження гідрології Дністра та його приток була організована в 1988 році експедиція “Дністер” [3], результатом якої став збірник наукових праць “Дослідження Дністра”. Матеріали збірника підсумовують результати десяти польових сезонів (1988 – 1997 рр.) роботи експедиції.

Сучасний етап дослідження річок басейну Дністра відбувається в контексті покращення взаємодії у дослідженнях Дністра окремими країнами його басейну. Зокрема, протягом 2008 – 2011 рр. виконувався проект «Транскордонне співробітництво та стале управління в басейні р. Дністер» [4], що почався з транскордонного діагностичного

дослідження і розробки Програми дій для удосконалення управління водними ресурсами в басейні.

Республіка Молдова та Україна ведуть спільну діяльність для розвитку співробітництва з питань управління басейном. Одним з важливих досягнень у цій галузі є підписання двостороннього Договору про співробітництво в галузі охорони та сталого розвитку басейну річки Дністер у листопаді 2012 року. Учені УкрГМІ здійснили комплексне дослідження впливу зміни клімату на гідрологічний режим басейну Дністра. Дослідження виконувалися в рамках проекту «Зниження вразливості до зміни клімату та екстремальних паводків у транскордонному басейні Дністра», що реалізовувався у 2009–2014 рр. На основі побудованих проєкцій зміни кліматичних показників для басейну р. Дністер було здійснено моделювання мінливості річкового стоку на період 2012 – 2050 рр.

Проте наявна інформація та уже здійснені дослідження по обраній темі «Особливості формування гідрологічного режиму річок басейну Дністра в умовах змін клімату» не роблять її повністю вивченою. Тема, як і раніше, залишається актуальною і потребує детального вивчення та розробки нових методик досліджень процесів формування стоку в умовах змін клімату.

\* \*

1. Водные ресурсы реки Днестр. Издательство Академии наук Украинской ССР. Киев.: 1952, - 220 с.

2. Днестр и его бассейн (гидрологический очерк). Под ред. А.П. Доманицкого. Л. – 1941. – 308 с.

3. Дослідження Дністра : 10 років громадської екологічної експедиції “Дністер” / Редактор М.І. Жарких. – Львів-Київ : 1998 р. – 216 с.

4. Программа действий по усовершенствованию трансграничного сотрудничества и устойчивого управления бассейном реки Днестр. – UNECE, ОБСЕ. – Киев 2007 г.

5. Пузыревский Н.П. Днестр, его описание и предположения об улучшении: Отчет. – Спб.: Упр. внутр. водных путей и шоссейных дорог, 1902. – 252с.

6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 06. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. – Под ред. Каганера М.С. - Л.: Гидрометиз, 1978. - 491с.

УДК 556.166

**Овчарук В.А.<sup>1</sup>, Тодорова О.І.<sup>2</sup>, Траскова А.В.<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> *Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна*<sup>1</sup> *valeri.o@mail.ru*<sup>2</sup> *lenochka.todorova@mail.ru*<sup>3</sup> *kнопка210689@mail.ru***ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК ГІРСЬКОГО КРИМУ ПРИ ВІДСУТНОСТІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ**

Останні розробки методик для визначення максимального стоку річок Гірського Криму відносяться до 70-х років минулого століття. В роботі проведений їх аналітичний огляд та пропозиції щодо вдосконалення.

Відомо, що в Україні при розрахунках максимального стоку паводків і водопіль до недавнього часу використовувався нормативний документ СНіП 2.01.14-83 [1], яким узагальнені матеріали спостережень до 1975 року. Зокрема, для водозборів із площею більше 200 км<sup>2</sup> рекомендується формула вигляду:

$$Q_{p\%} = q_{200} (200 / F)^{n_1} \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} F \quad (1)$$

де  $q_{200}$  – модуль максимальної миттєвої витрати води щорічної ймовірності перевищення  $P=1\%$  при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$ , приведений до умовної площі водозбору, рівній 200 км<sup>2</sup>;  $n_1$  – показник редукції модуля максимального миттєвої витрати води із збільшенням площі водозбору  $F$ ;  $\lambda_{p\%}$  – перехідний коефіцієнт від максимальних миттєвих витрат води щорічної ймовірності перевищення  $P=1\%$  до максимальних витрат води інших ймовірностей перевищення;  $\delta$ ,  $\delta_2$  – коефіцієнти, що враховують зниження максимальних витрат під впливом заболоченості і водойм проточного типу. Степенний показник  $n_1$  – районований, а множник  $\delta_3$ , що враховує зміну параметра  $q_{200}$  з висотою водозбору в гірських районах.

Для річок з площами водозборів менше 200 км<sup>2</sup> нормативним документом рекомендується максимальні миттєві витрати води річок дощових паводків  $Q_{p\%}$  (м<sup>3</sup>/с) визначати за формулою граничної інтенсивності:

$$Q_{p\%} = A_{1\%} \phi H'_{1\%} \delta \lambda_{p\%} F, \quad (2)$$

де  $A_{1\%}$  – максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення  $P$ , рівній 1%, виражений в частках від  $\varphi H'_{1\%}$  при  $\delta = 1$ ;  $H'_{1\%}$  – максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення  $P=1\%$ ;  $\varphi$  – збірний коефіцієнт стоку.

Не зупиняючись на теоретичних недоліках формул нормативного документа, відзначимо лише такі: застосування формули (1) викликає чисто практичні труднощі - у таблиці, рекомендованій СНіП 2.01.14 - 83 для визначення коефіцієнта  $\delta_3$ , що враховує зміну параметра  $q_{200}$  із зміною середньої висоти водозборів в гірських районах відсутній регіон Гірського Криму. При використанні формули (2) виникають складнощі, пов'язані із визначенням збірного коефіцієнта стоку  $\varphi$ . Також, як і в попередньому випадку, параметри розглянутого регіону відсутні в ряді допоміжних таблиць.

Наказом Мінрегіону України від 02.07.2014 № 185 затверджений новий нормативний документ ДБН В.2.4-8:2014 *Визначення розрахункових гідрологічних характеристик*, але основні розрахункові формули в ньому залишилися незмінними. Тем не менш, на відміну від СНіП 2.01.14-83, в ньому також пропонується використовувати операторну модель проф. Гопченка Є.Д., але для річок Гірського Криму параметри методики потребують окремого обґрунтування.

В монографії «Ресурси поверхневих вод» [2] узагальнення матеріалів по максимальному стоку і рекомендації по його розрахунку для невивчених річок гірських районів представлено для трьох груп, залежно від експозиції схилів Кримського хребта. В основу узагальнення покладена редуційна формула виду:

$$q_m = \frac{q'_{1\%}}{(F + b)^{n_1}}, \quad (3)$$

де  $q_m$  – максимальний модуль стоку, м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>;  $q'_{1\%}$  – максимальний модуль схилового припливу, м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>;  $F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>;  $b$  – параметр характеристики зменшення редуції модуля стоку в зоні малих площ;  $n_1$  – показник степені редуції.

Свого часу в Україні також широко була розповсюджена регіональна формула П.Ф.Вишневським [3], яку в загальному вигляді можна представити таким чином:

$$Q_m = 1,67 F h_m \varphi n r r_1 k_1 \lambda \quad (4)$$

де  $F$  – площа водозбору (км<sup>2</sup>),  $h_m$  – максимальна водовіддача зливого стоку (мм) за прийнятий розрахунковий інтервал 10 хв.,  $\varphi$  –

коефіцієнт редуції. Інші параметри ( $n$ ,  $r$ ,  $r_1$ ,  $k_1$ ,  $\lambda$ ) є поправочними коефіцієнтами до витрат води, які часто можуть дорівнювати 1,0.

Порівнянням результатів показало, що максимальні витрати води 1%-ої забезпеченості розраховані за методикою, яка була наведена у РПВ на 25% нижчі даних статистичної обробки 2010 р. (рис 1а), а розрахункові значення за методикою П.Ф. Вишневського навпаки - у 2,67 рази вищі (рис.1б), ніж за результатами статистичної обробки по 2010 р. Такий розбіг в результатах свідчить про ненадійність наведених регіональних методик для визначення максимальних витрат дощових паводків Гірського Криму на сучасному етапі.

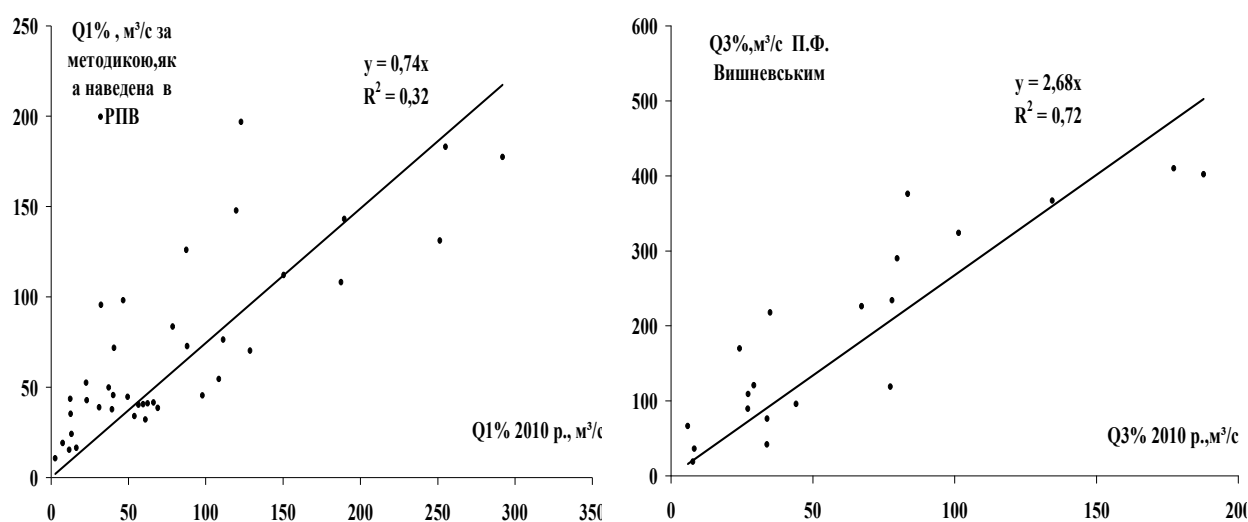


Рис. 1 Порівняння максимальних витрат води 1%-ої забезпеченості за результатами статистичної обробки станом на 2010 р із максимальними витратами за методикою, яка наведена в РПВ (а) та із розрахунковими витратами за П.Ф. Вишневським(б)

Подальшою задачею досліджень є обґрунтування методики для визначення максимального стоку паводків на річках Гірського Криму на сучасних матеріалах спостережень, використовуючи в якості базової теорію руслових ізохрон.

\* \*

1. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР. / Крым - Л.: Гидрометеиздат., 1973. Т. 6. вып. 4. – 848 с.

3. Вишневский П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні. – Київ: “Наукова думка”, 1964. – 230 с.

УДК 556.166+556.55

**Рикін І.С.<sup>1</sup>, Шакірзанова Ж.Р.<sup>2</sup>**

*<sup>1,2</sup>Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна,*

*<sup>1</sup>vanya-t-mac@mail.ru*

*<sup>2</sup>jannettgidro@mail.ru*

## **РОЗРАХУНКОВІ І ПРОГНОЗНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРІОДУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНАХ ОДЕСЬКИХ ЛИМАНІВ**

Сучасний гідрологічний режим Одеських лиманів (зокрема Хаджибейського і Куяльницького) обумовлений природними і антропогенними факторами. Актуальність роботи обумовлена необхідністю регулювання водним режимом закритих лиманів. Задачі дослідження пов'язані з оцінкою наповнення Одеських лиманів поверхневими тало-дощовими водами. Використано комплексний географічний підхід до аналізу водного режиму Одеських лиманів; науково-методичні основи та практичне застосування методу розрахунку та прогнозу гідрологічних характеристик весняних водопіль і дощових паводків. В роботі вперше доведена до практичного використання методика розрахунку максимальних рівнів води рідкісної ймовірності перевищення в лимані Хаджибей, а також методика прогнозування надходження поверхневих тало-дощових вод до водойм лиманів.

Гідрологічні особливості рівневого режиму Хаджибейського лиману полягають у тому, що з початку минулого століття відбувалося інтенсивне скидання стічних вод Одеси (СБО "Північна"), що призвело до суттєвого підвищення рівнів води в ньому і стало загрозою руйнування дамби, яка відокремлює лиман від моря, при можливому затопленні житлових територій та підприємств району Пересипу (загальною площею 25 км<sup>2</sup>), а також автомобільної дороги, прокладеної по греблі дамби, особливо в катастрофічні за водністю роки.

Екологічна ситуація Куяльницького лиману в даний момент полягає у зарегулюванні стоку води річки Великий Куяльник, що живить лиман, значною кількістю ставків і водосховищ, що перехоплюють частину прісного стоку. Необхідно привернути увагу й на незаконний видобуток піску біля русла річки Великий Куяльник. Все це призвело до зменшення стоку річки Великий Куяльник, що в свою чергу стало причиною катастрофічного обміління та замулювання лиману Куяльник, зменшення рівнів води та глибин в ньому, збільшенню солоності води лиману. Така

ситуація може призвести до загибелі унікального водного об'єкту, і втрати його цілющих властивостей.

В умовах недостатньої гідрологічної вивченості регіону Одеських лиманів, реалізовано методику можливого наповнення Хаджибейського лиману у весняний період року при таненні снігу і випадінні дощових опадів рідкісної ймовірності перевищення  $P = 1\%$  (автор Гопченко Є.Д. [1]).

Авторами [1] запропоноване розрахункове рівняння вигляду

$$q_m = q'_m \psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \varepsilon_F; \quad (1.1)$$

де  $q'_m$  – максимальний модуль схилового припливу

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m; \quad (1.2)$$

де  $\frac{n+1}{n}$  – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу в

період весняного водопілля чи паводків;

$T_0$  – тривалість схилового припливу до руслової мережі повеневих і паводкових вод;

$Y_m$  – шар стоку весняного водопілля чи паводку;

$\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання максимального стоку;

$\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$  – трансформаційна функція розпластування повеневих і

паводкових хвиль під впливом часу їх руслового добігання.

Базова модель (1.1) може вважатися універсальною, оскільки вона може використовуватися для нормування на її основі максимального стоку як дощових паводків, так і весняних водопіль. У той же час, вона не має обмежень щодо розміру водозбірних площ. Основним параметром формули (1.1) є  $q'_m$ , яким визначається генетичний тип паводків і водопіль. Виходячи з необхідності оцінки надходження поверхневих вод від паводків і водопіль виняткової ймовірності перевищення ( $P = 1\%$ ) до лиману Хаджибей, визначення шарів стоку  $Y_m$  виконувалося через 1%-ві снігозапаси та опади окремо для весняного водопілля та дощових паводків.

Авторами роботи була розроблена методика для оцінки припливу поверхневих вод рідкісної ймовірності перевищення (при забезпеченості  $P = 1\%$ ) в басейні Хаджибейського лиману: весняного водопілля ( $H_{m1\%}$ ),



дощових паводків ( $H_{\partial 1\%}$ ), а також оцінка їх сумісного виникнення ( $H_{m\partial 1\%}$ ).

У даному дослідженні використана й методика наповнення Одеських лиманів у весняний період року на базі щорічного довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля в басейнах Хаджибейського та Куяльницького лиманів [2, 3]. Прогноз для Хаджибея необхідний з метою оцінки його наповнення і при цьому можливого перевищення критичних позначок рівня води, при яких існує небезпека затоплення дамби та житлово-промислового району м. Одеси – Пересипу. Для лиману Куяльник такий прогноз дасть можливість оцінити величину як надходження поверхневих вод до водойми, так і об'єм води, який перехоплюється ставками і водосховищами в басейні лиману.

Для оцінки надходження весняних тало-дощових вод до закритих лиманів Одеської області у кожному році використана методика довгострокового прогнозування шарів стоку в період весняного водопілля в їх басейнах. Прогноз здійснюється за комплексом стокоформуєчих чинників за допомогою дискримінантної функції та за регіональними залежностями шарів стоку та цих чинників, отриманими авторами методу для території Півдня України [2, 3]. Методика передбачає встановлення ймовірності настання весняного водопілля у багаторічному періоді.

Викладена методика розрахунку та довгострокового прогнозу характеристик максимального стоку весняних водопіль і дощових паводків може використовуватись при визначенні надходження поверхневих вод не лише до Хаджибейського і Куяльницького, а інших лиманів закритого типу.

\* \*

1. *Гопченко Е.Д., Романчук М.Е.* Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности. – К.: КНТ, 2005. – 148 с.

2. *Тучковенко Ю.С., Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р.* Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: Коллективная монография / Одесский государственный экологический университет, - Одесса: ТЭС, 2011. – с. 224.

3. *Шакірзанова Ж.Р.* Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: монографія. – Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015 – 252 с.

УДК 556:06

**Шипілова А.В, Лук'янець О.І.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна,  
lunochka2008@ukr.net  
luko15\_06@ukr.net*

## **УТОЧНЕНА МЕТОДИКА ПРОГНОЗУ ВЕСНЯНОГО ПРИПЛИВУ ВОДИ ДО КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

Проведена оцінка перевірочних прогнозів декадного весняного припливу води до Канівського водосховища за методикою Л. Т. Пашової за сучасний період (1981-2014 рр.), обґрунтовано її уточнення та проаналізовано отримані результати.

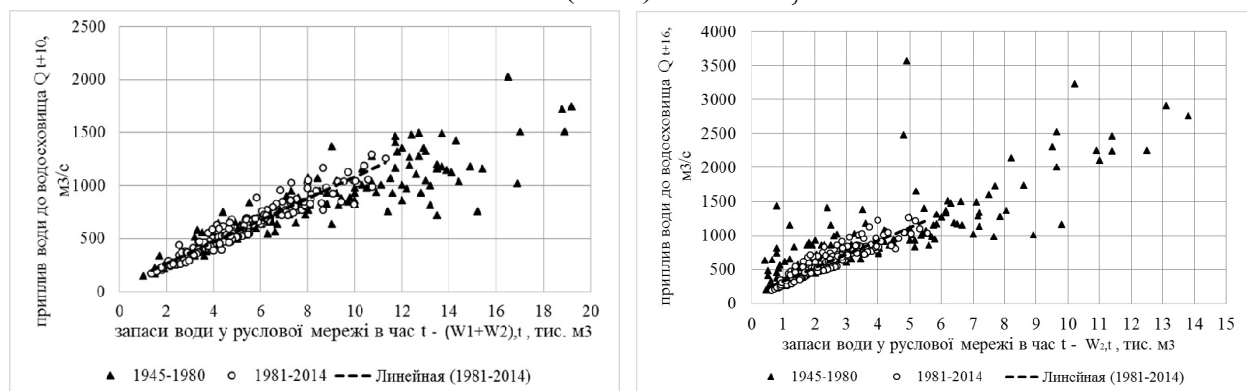
Надійний прогноз водного режиму річок, водосховищ допомагає оптимізувати господарську діяльність з огляду на вимоги виробництва, тому *актуальним є* доповнення та уточнення методик прогнозування, що використовуються в гідрологічній практиці, для покращення їх справджуваності та якості [1, 5]. *Метою роботи є* виявлення за багаторічний період змін у декадному припливі води весняного стоку до Канівського водосховища та уточнення методики його прогнозування із завчасністю 10 та 16 діб. Для виявлення застосовності в сучасний період методики прогнозів декадного весняного припливу води до Канівського водосховища Л.Т. Пашової з завчасністю 10 та 16 діб [4] та обґрунтування можливого її уточнення проведено статистичний аналіз багаторічної мінливості такого припливу та перевірочні прогнози за період 1981-2014 рр. у порівнянні з попереднім, за даними якого розроблялася методика Л.Т. Пашової – 1945-1980 рр.

Детальний аналіз похибок більш ніж 170 перевірочних прогнозів, як різницю між фактичними та прогнозованими значеннями показав, що вони розподілені нерівномірно. Прогнози весняного декадного приливу води за період 1981-2014 рр. за методикою Л.Т. Пашової із завчасністю 10 діб, були заниженими, а із завчасністю 16 діб – завищеними. Саме це було підставою для уточнення методики прогнозування: в прогнозні залежності Л.Т.Пашової додано дані за період 1981-2014 рр. відповідно із завчасністю 10 та 16 діб (рис.1(а, б)) [3]. Уточнені прогнозні залежності між весняним декадним приливом води до Канівського водосховища

$\bar{Q}_{H(t+\tau)}$  та запасами води в руслової мережі  $W_{i,t}$  виражаються наступними рівняннями:

$$\text{із завчасністю 10 діб} \quad \bar{Q}_{H(t+10)} = 0,102 \cdot (W_{1,t} + W_{2,t}) + 61,2 \quad (1)$$

$$\text{із завчасністю 16 діб} \quad \bar{Q}_{H(t+16)} = 0,19 \cdot W_{2,t} + 132. \quad (2)$$



із завчасністю 10 діб

із завчасністю 16 діб

Рис. 1. Залежність весняного декадного припливу води до Канівського водосховища від запасів води в руслової мережі за період 1945-2014 рр.

Узагальнені результати показників якості уточненої методики подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Узагальнені результати оцінки прогнозів весняного декадного припливу води до Канівського водосховища за період 1981-2014 рр. із завчасністю 10 та 16 діб за уточненою методикою

Завчасність 10 діб				Завчасність 16 діб			
Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	Показники якості методики		Дата складання прогнозу	Дата, на яку складається прогноз	Показники якості методики	
		$S_Q / \sigma_Q$	$P, \%$			$S_Q / \sigma_Q$	$P, \%$
10.Бер	III <sub>2</sub>	0,30	88,9	10.Бер	16-25 III	0,46	88,9
14.Бер	16-25 III	0,34	83,3	14.Бер	III <sub>3</sub>	0,47	83,3
25.Бер	26 III-5 IV	0,35	94,4	20.Бер	26 III-5 IV	0,48	88,9
31.Бер	IV <sub>1</sub>	0,29	100,0	25.Бер	IV <sub>1</sub>	0,43	94,4
04.Кві	6-15 IV	0,24	100,0	31.Бер	6-15 IV	0,41	88,9
10.Кві	IV <sub>2</sub>	0,31	100,0	04.Кві	IV <sub>2</sub>	0,40	94,4
14.Кві	16-25 IV	0,28	100,0	10.Кві	16-25 IV	0,40	88,9
20.Кві	IV <sub>3</sub>	0,25	100,0	14.Кві	IV <sub>3</sub>	0,33	94,4
25.Кві	26 IV-5 V	0,28	94,4	20.Кві	26 IV-5 V	0,33	100,0
30.Кві	V <sub>1</sub>	0,32	94,4	25.Кві	V <sub>1</sub>	0,36	88,9

Перевірочні прогнози за період 1981-2014 рр. з завчасністю 10 та 16 діб за уточненими рівняннями зв'язку, з огляду на величини якості та ефективності прогностичної методики у вигляді відносної міри середньої квадратичної похибки  $S_Q / \sigma_Q$  та ймовірності неперевищення допустимої похибки  $P$  %, у порівнянні з цими ж показниками якості та ефективності методики за період 1945-1980 рр. свідчать про те, що справджуваність прогнозів покращилася.

Уточнені залежності весняного декадного приливу води до Канівського водосховища від запасів води в руслової мережі із завчасністю 10 та 16 діб можуть бути рекомендовані до використання в оперативній діяльності гідрологічного прогнозування.

\* \*

1. *Бефани Н.Ф.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н.Ф. Бефани, Г.П. Калинин – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 7-18, 59-94

2. *Георгиевский Ю. М.* Гидрологические прогнозы / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин – СПб.:РГГМУ, 2007. – С. 23-30, 89-104, 316-327.

3. *Лук'янець О.І.* Багаторічна динаміка та прогноз весняного припливу води до Канівського водосховища / О.І. Лук'янець, А.В.Шипілова //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.4(39). – С.6-12.

4. *Пашова Л.Т.* Методические указания по составлению прогнозов незарегулированного декадного и месячного притока воды в Каневское водохранилище в период половодья с заблаговременностью равной 10-35 суток / Л.Т. Пашова – К: УкрНИГМИ, 1988. – 85 с.

5. *Попов Е. Г.* Гидрологические прогнозы / Е. Г. Попов – Л.:Гидрометеиздат, 1979. – С.7-9.

6. *Шипілова А. В.* Багаторічна динаміка декадного припливу води весняного водопілля до Канівського водосховища / А. В. Шипілова // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Шевченківська весна - 2015": Географія» – 2015. – с.92-94.

УДК 556.56.3.4.

**Білецька С.В., Шевчук І.О., Литвин М.Ю.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
Biletskasveta@ukr.net*

**ДИНАМІКА ВОДНОГО СТОКУ ТА ЙОГО ВПЛИВ  
НА ЕКСПОРТ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН І БІОГЕННИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ НА НЕВЕЛИКИХ ТИМЧАСОВИХ ВОДОЗБОРАХ  
У ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ**

Проведено хронологічний аналіз формування і розвитку поверхневого стоку та досліджено особливості його впливу на експорт гумусових речовин і біогенних елементів у системі: «грунт–вода». Експеримент проведено у лісостеповій зоні України на тимчасовому водозборі басейну р. Рось.

Формування водного стоку зрушує рівновагу між твердою і рідкою фазами водозбірної території, внаслідок чого компоненти хімічного складу ґрунтів переходять у водну фазу з подальшою міграцією у складі водних мас.

Проведені нами дослідження зосереджувались на визначенні ролі водного стоку у міжфазовому перерозподілі гумусових речовин (ГР): фульвокислот (ФК) і гумінових кислот (ГК) та біогенних елементів (сполук  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Дослідження виконані у тимчасовому водозборі балки Лучки, що розміщена на захід від м. Богуслав і відкривається у долину р. Рось. Балка Лучки має площу 4,8 км<sup>2</sup>. Основна частина її території (74%) вкрита лісом 45–90 річного віку, решта перебуває під сільськогосподарськими угіддями. Ґрунтовий покрив у основному складений сірими ґрунтами із середнім вмістом ГР: ФК ~ 50 і ГК – 41 мг·г<sup>-1</sup>. Загальний вміст азоту у ґрунтах водозбору дещо перевищує 15 мг·г<sup>-1</sup>, а фосфору досягає ~ 5 мг·г<sup>-1</sup>.

Постійний стік у балці відсутній і формується лише у найбільш вологі періоди року. Протягом періоду спостережень, що охоплював 1951–2014 рр., кліматичні показники істотних змін не зазнавали (рис. 1А), однак чітко простежуються два етапи водності. З 1951 по 1972 р. у балці спостерігалась фаза підйому водності, про що свідчить висхідна гілка різницевої інтегральної кривої (рис. 1Б). Стік тривав близько

207 днів/рік, середнє значення витрат води сягало  $3,1 \text{ дм}^3/\text{с}$ . Починаючи з 1973 року і дотепер спостерігається фаза зниження водності. Тривалість стоку в середньому зменшилась до 62 дні на рік, а в окремі роки він взагалі не спостерігався. Середня витрата води знизилась майже на порядок і становила  $0,3 \text{ дм}^3/\text{с}$  (рис. 1 Б).

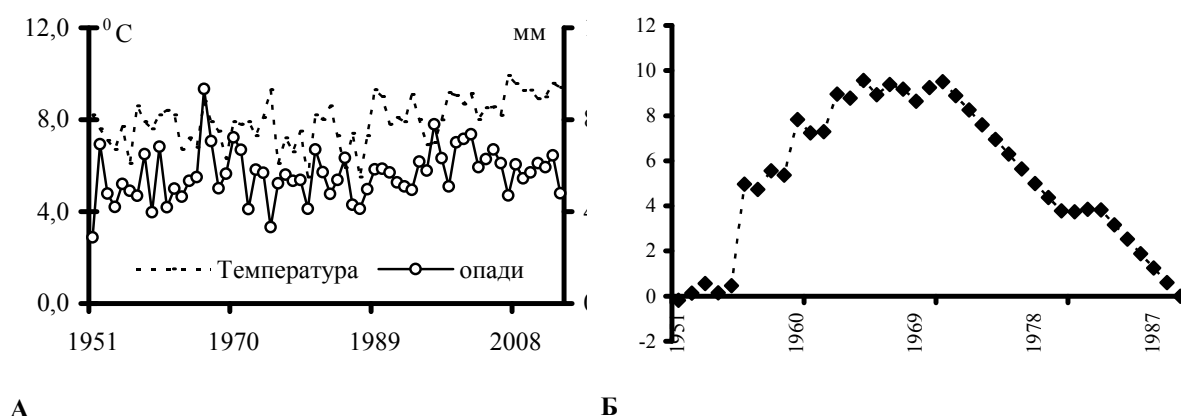


Рис. 1. Динаміка середньорічних кліматичних показників (А) та різницева інтегральна крива (Б) за період досліджень (1951 – 2014 рр..)

Аналіз внутрірічної динаміки водного стоку балки Лучки показав, що основна частина стоку була зумовлена сніготаненням. Також відзначається формування стоку під час інтенсивних опадів у період літньо-осінньої межні.

Як відомо, лісовий покрив сприяє перехопленню атмосферних опадів і трансформації поверхневого стоку у підземний. Протягом фази збільшення водності частка поверхневого стоку у балці сягала 66 %, а з переходом до фази зниження стоку вона різко зменшилась. Причиною такого явища, на нашу думку, міг стати перерозподіл стоку у бік збільшення ґрунтової складової за рахунок кліматичних змін. Це явище широко відзначається іншими дослідниками у річкових водозборах України [2, 3]. Часті відлиги та значна пористість ґрунтового покриву лісових масивів протягом зимової межні сприяють посиленій інфільтрації водних мас. Внаслідок цього під час водопілля показники стоку та частка його поверхневої складової значно зменшуються.

У травні 2014 року у басейні р. Рось спостерігалась найбільша злива за весь 120-ти річний період спостережень. Протягом цієї зливи, що тривала 13 год, випала тримісячна норма опадів. Внаслідок чого у балці Лучки сформувався інтенсивний поверхневий стік. Витрати води досягли  $5464 \text{ дм}^3/\text{с}$ , а шар стоку складав 0,9 мм. Утворений стік сприяв вимиванню досліджуваних речовин із ґрунтового покриву балки у водну фазу. Так, концентрації ГК і ФК досягли відповідно  $2,3 \text{ мг/ дм}^3$  та  $12,3 \text{ мг/ дм}^3$

(рис. 2А). Вміст біогенних елементів становив:  $N-NO_3^-$  0,45 мг/ дм<sup>3</sup> і  $P-PO_4^{3-}$  – 0,31 мг/ дм<sup>3</sup> (рис. 2 Б). Характерною особливістю було те, що концентрації зазначених речовин у водах екстремального стоку значно перевищили відповідні рівноважні значення, що були нами експериментально встановлені на дослідних стокових ділянках з аналогічним ґрунтовим покривом. Найбільш значні відхилення спостерігалися для гумінових кислот і для фосфору, які знаходяться у ґрунті переважно у сорбованому стані. Очевидно, що екстремальні опади зумовлюють збільшення надходження завислих часток з наступною десорбцією поглинутих речовин у фазу розчину.

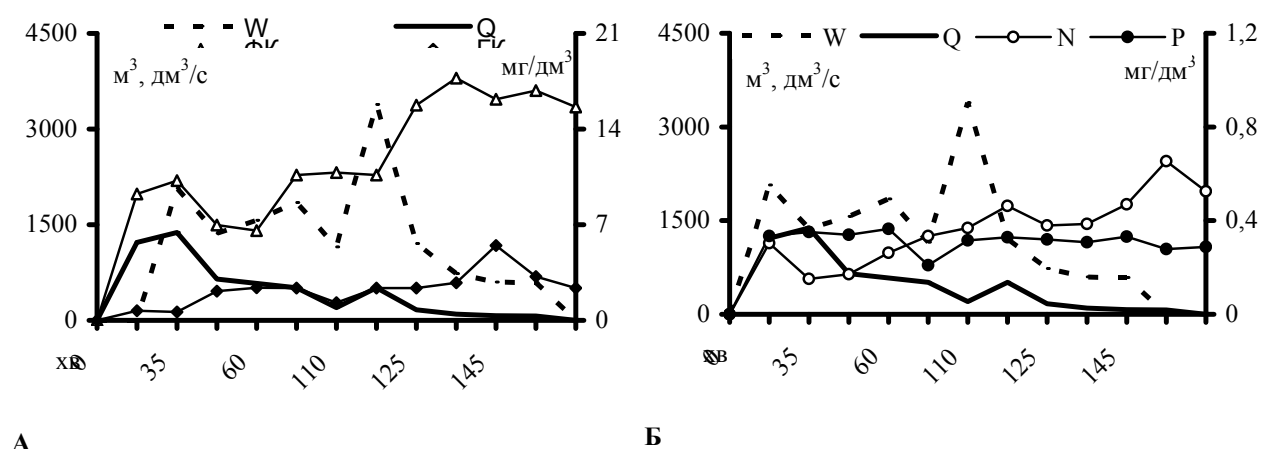


Рис. 2. Кількісні характеристики експорту гумусових речовин (А) та біогенних елементів (Б) під час екстремального стоку у балці Лучки

\* \*

1. Білецька С.В., Осадча Н.М. Аналіз ґрунтового покриву басейну р. Рось та оцінка впливу на надходження гумусових речовин у річкову мережу / С. В. Білецька, Н. М. Осадча // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2012. – Вип.262.– С. 84.

2. Гребінь В. В. Особливості багаторічних коливань стоку річок басейну Прип'яті (в межах України) / В. В. Гребінь, О. Г. Ободовський, М. О. Царик // Картографія та вища школа. – 2003. – Вип. 8. – С. 98–103

3. Гідроекосистеми заповідних територій верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін : монографія / [за ред. В.Д. Романенка, С.О. Афанасьєва, В.І. Осадчого] – К.: Кафедра, 2013.- 228 с.

4. Національний Атлас України./, Картографія, 2007

5. Осадча Н.М. Сорбція гумусових кислот завислими речовинами поверхневих вод / Н. М. Осадча, Л. О. Чернишова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Вип. 4 (21). – С. 105–117

УДК 504.064.3

**Воронич Ю.Ю., Осійський Е.Й., Скоблей М.П., Сусліков Л.М.***Ужгородський національний університет, м. Ужгород  
leonsus48@mail.ru***ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД  
БАСЕЙНУ РІЧКИ УЖ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Методом атомно-абсорбційної спектрометрії досліджено вміст важких металів міді, цинку та свинцю в басейні річки Уж протягом 2015 року. Моніторинг якості поверхневих вод здійснювався в наступних контрольних пунктах по течії р.Уж: смт. Великий Березний, м. Перечин, м. Ужгород, с. Сторожниця (кордон із Словаччиною).

Сучасний характер та ступінь забрудненості поверхневих вод різноманітними шкідливими речовинами вимагають постійного моніторингу стану поверхневих вод у зв'язку зі зростаючим антропогенним навантаженням на водні об'єкти.

Дана робота присвячена дослідженню концентрації важких металів Cu, Zn та Pb в басейні р. Уж Закарпатської області протягом 2015 року. Проби для аналізу бралися щоквартально в наступних населених пунктах вздовж течії р. Уж: смт. Великий Березний, м. Перечин, м. Ужгород, с. Сторожниця (кордон із Словаччиною). Відбір проб здійснювався наступним чином: з глибини 20-30 см в різних точках бралися п'ять проб по 0,5 л. Потім ці проби консервувались соляною кислотою і фільтрувалися. Експериментальні дослідження виконувалися методом атомно-абсорбційної спектрометрії на атомно-абсорбційному спектрофотометрі ContrAA 700 з електротермічним атомізатором. Для визначення вмісту важких металів використовувалися стандартні зразки солей металів. Із Державних стандартних зразків готувалися робочі розчини. Похибка визначення складає по міді – 26%, по цинку - 22%, по свинцю – 24% при довірчій ймовірності  $P = 0,95$ .

В таблиці 1 наведені результати дослідження вмісту зазначених важких металів в першому та четвертому кварталах 2015 р. З них видно, що в першому кварталі вміст Cu не змінюється по течії р. Уж, концентрація Zn зростає майже в 2 рази, а концентрація Pb зазнає значних коливань. В четвертому кварталі спостерігається поступове зростання вмісту Cu від 0,003 мг/л в смт. В.Березний до 0,005 мг/л в с. Сторожниця, концентрація Zn зазнає значних коливань, а вміст Pb коливається в межах 0,003 - 0,005 мг/л. Разом з тим, слід відзначити, що



загалом концентрація важких металів не перевищує гранично допустимої концентрації ГДК (ГДК міді = 1,0 мг/л, ГДК цинку = 1,0 мг/л, ГДК свинцю 0,01 мг/л).

Таблиця 1

Зміна концентрації важких металів Cu, Zn, Pb по течії р. Уж в першому та четвертому кварталах 2015 р.

Місце відбору проб	1-й квартал			4-й квартал		
	Концентрація важких металів С, мг/л					
	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
сmt.В.Березний	0,005	0,004	0,003	0,003	0,007	0,003
м. Перечин	0,005	0,004	0,002	0,004	0,009	0,005
м. Ужгород	0,005	0,005	0,002	0,005	0,006	0,003
с. Сторожниця	0,005	0,009	0,005	0,005	0,009	0,005

На рис.1 та 2 наведено часову залежність вмісту важких металів в смт. В.Березний та с. Сторожниця (на кордоні із Словаччиною).

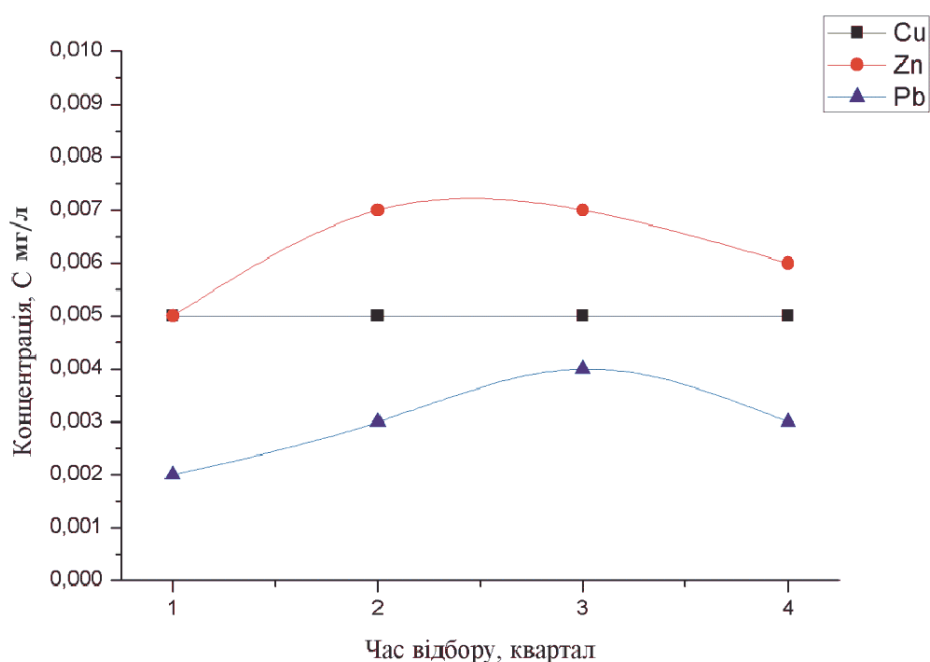


Рис.1. Часова зміна концентрації Cu, Zn, Pb у р. Уж (сmt. В.Березний)

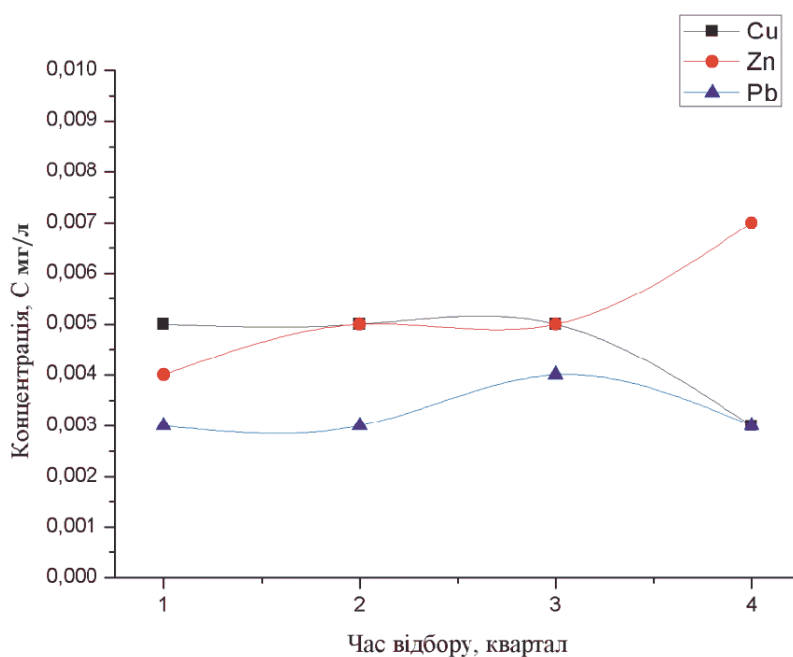


Рис.2. Часова зміна концентрації Cu, Zn, Pb у р. Уж (с. Сторожниця)

З наведених результатів можна зробити наступні висновки: у верхній точці р. Уж (сmt. В. Березний) вміст міді практично не змінюється протягом року, концентрація цинку та свинцю зазнає зростання в 2-му та 3-ому кварталах, а наприкінці року зменшується. На кордоні із Словаччиною (с. Сторожниця) концентрація всіх досліджуваних металів зазнає змін: вміст міді, залишаючись практично сталим протягом року, в 4-му кварталі суттєво зменшується, вміст цинку вдвічі зростає, а концентрація свинцю зазнає незначних коливань.

\* \*

1. Шпак Г. Моніторинг довкілля та інженерні методи захисту біосфери. – Держ універ. «Львівська політехніка», Львів, 1997. – 223 с.

2. Клименко М.О. Моніторинг довкілля : Підручник/ К. : Академвидав, 2006. - 359 с.

3. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Навч. пос. / К.: Знання, 2006. - 319с.

УДК 556.56.3.4.

**Гузієнко І.А.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна  
irinaguzienko@ukr.net*

## **БЮГЕОХІМІЧНА РОЛЬ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У ВИВЕДЕННІ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ІЗ ВОДНОГО ПОТОКУ**

Досліджена роль Київського водосховища у трансформації стоку органічних речовин. Шляхом балансових розрахунків показано, що у мажах водосховища акумулюється від 75,4 тис. т органічних речовин у маловодні роки до 374,8 тис. т у багатоводні роки. Зроблено висновок про транзитно-акумулятивну роль Київського водосховища відносно органічних речовин.

Дефіцит води у господарському комплексі України, а також нерівномірність водного стоку у басейні р. Дніпро, зумовили зарегулювання річки у каскад із шести водосховищ. Верхнє у каскаді Київське водосховище отримує 60 % стоку усього каскаду, а також бере активну участь у трансформації стоку хімічних речовин та зависей, що надходять до його акваторії.

Органічні речовини (ОР) є найменш дослідженими компонентами хімічного складу вод. Вони генетично нестійкі, можуть руйнуватись за аеробних умов, але при цьому мають важливе значення для водоемної екосистеми: чинять значиму біологічну та біохімічну роль, змінюючи органолептичні та фізико-хімічні властивості води, впливають на розвиток фітопланктону, міграційні характеристики мікроелементів, кисневий режим та ін. За походженням ОР поділяють на: *алохтонні* (надходять із водозбірної площі) та *автохтонні* (утворюються у межах водойми за рахунок продукування первинної продукції). Атмосферні опади слугують трансферами ОР до водних екосистем, вимиваючи їх із підстильної поверхні. Внутріводоемова трансформація ОР полягає у їхній частковій мінералізації, сорбції, біоспоживанні. Інша частина ОР транспортується з водним потоком вниз за течією [3].

Нами були досліджені ОР Київського водосховища. Основними складовими водного живлення вказаного водосховища є річки Дніпро, Прип'ять, Тетерів, Уж та Ірпінь. Домінуюча частина стоку надходить з водами перших двох - 95 %. Характерною особливістю верхнього Дніпра і Прип'яті є висока заболоченість їх водозбірних територій.

Методика дослідження ґрунтувалась на розрахунку речовинного балансу Київського водосховища. У якості прибуткової частини правив стік ОР із водами приток та атмосферні випадіння. Кількість ОР, що проходила через дамбу Київської ГЕС, приймалася за витратну частину балансу. Оцінка надходження ОР з атмосферними опадами показала, що відносна частка цього джерела не перевищувала 0,5 %, на основі чого атмосферні опади в подальшому були виключені із обрахунку.

Баланс ОР складали для річного виміру часу. Розрахунки виконані на прикладі 2006 року, коли водність у річках Дніпро та Прип'ять практично не відхилялась від середніх багаторічних значень (рис. 1).

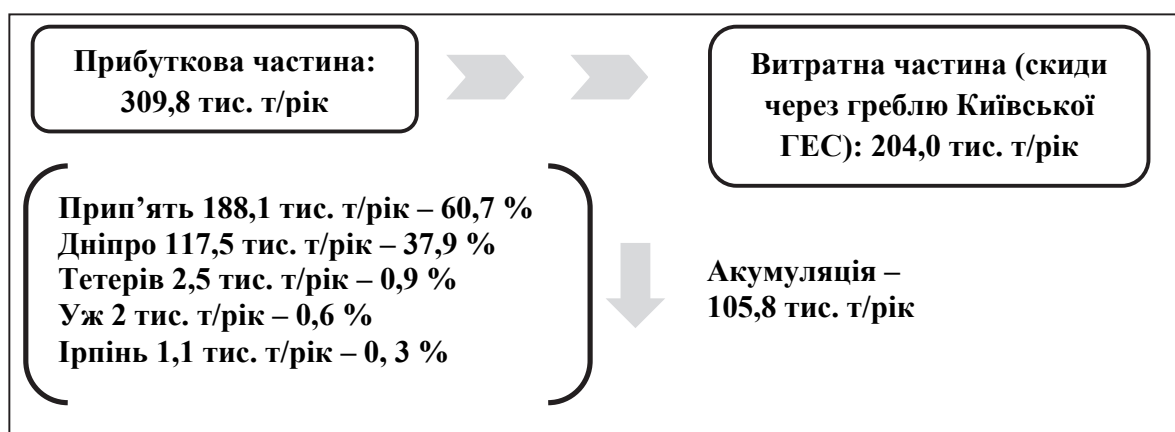


Рис. 1. Баланс ОР Київського водосховища за умов середньої багаторічної водності (2006)

Відповідно до отриманих даних за рік у Київське водосховище надійшло 309,8 тис. т ОР, із яких 204,0 тис. т було переміщено нижче за сток. Решта 105,8 тис. т, що складає 34,2 % від загальної кількості ОР, була акумульована водосховищем. Аналогічно до водного стоку домінуючим джерелом надходження ОР у Київське водосховище є річки Прип'ять та Дніпро. З їхніми водами сукупно надійшло 98,6 % усіх ОР.

За компонентним складом прибуткова частина стоку ОР переважно відносились до речовин гумусового походження (ГР). Цей висновок зроблено на підставі співвідношення окиснюваності води за перманганатним (ПО) та біхроматним (БО) індексами. За умови  $ПО/БО > 37\%$  говорять про домінування речовин гумусового походження (ГР). ПО у воді р. Прип'ять становить 35 мг О/дм<sup>3</sup>, БО – 66 мг О/дм<sup>3</sup>. Співвідношення ПО/БО для р. Прип'ять дорівнює 48,1 %. Для вод верхнього Дніпра цей показник у середньому становить 55 % (при

ПО = 18 мг О/дм<sup>3</sup>, БО = 45 мг О/дм<sup>3</sup>), для Київського водосховища при ПО = 16,7 мг О/дм<sup>3</sup>, БО = 32,5 мг О/дм<sup>3</sup>, співвідношення ПО/БО = 43 %.

ГР відносяться до полімерних кислот, стійких до біохімічного розкладу. Гумус надходить у водну екосистему за рахунок змиву з поверхні водозбору, а також може утворюватись безпосередньо у ній, як побічний продукт мікробіологічних трансформацій ОР.

У межах Київського водосховища, що є першим у Дніпровському каскаді, відбувається трансформація транзитного стоку у лімничний з наступною акумуляцією значної частки ОР.

ГР активно сорбуються зависями, у складі яких вони депонуються у донні відклади з мінімальною можливістю вторинного надходження [2]. Основну роль у сорбції ГР відіграють глинисті мінерали, оксиди та гідроксиди Fe та Al.

Сумарне надходження ОР значно залежить від кількісних характеристик водного стоку. Вплив водності на баланс ОР Київського водосховища оцінювали на прикладі 1992 та 1998 років, які були відповідно маловодним та багатоводним у басейні р. Прип'ять та верхнього Дніпра.

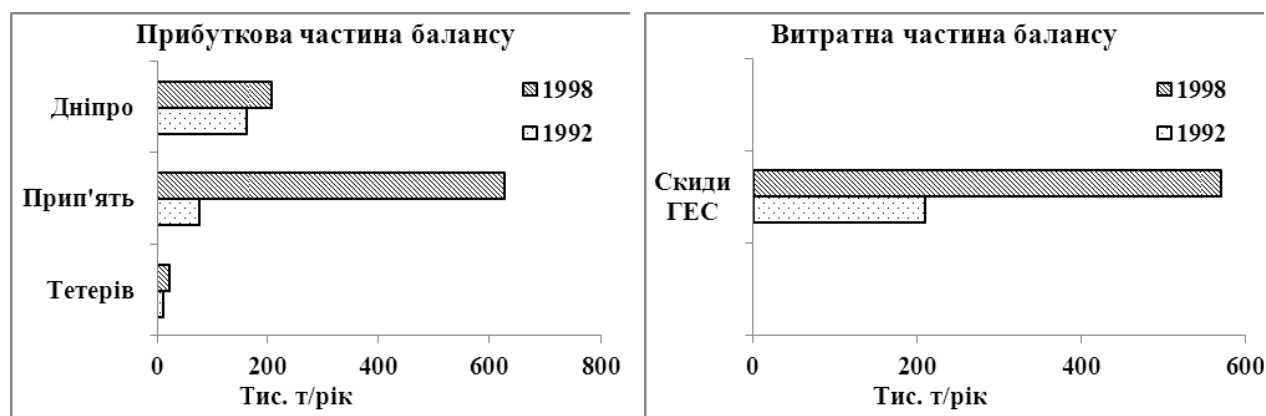


Рис.2. Вплив водності річок на складові балансу ОР у Київському водосховищі (багатоводний рік – 1998; маловодний рік – 1992)

У багатоводний рік до Київського водосховища надійшло 844,5 тис. т ОР, із яких у межах водосховища було акумульовано 374,8 тис. т (44,4 %). У маловодний рік надходження ОР становили 241,1 тис. т, а рівень акумуляції - 31,1 % (75,4 тис. т). Як видно із отриманих даних, акумуляція ОР збільшується із збільшенням водного стоку. Тобто водосховище працює як потужний геохімічний бар'єр із трансформації річкового стоку. За походженням ОР Київського водосховища відносяться переважно до алохтонного типу. На підтвердження цієї думки також слугують дані

сезонного розподілу ОР. Основна частина ГР надходить до річкових басейнів у період весняного водопілля (60-70%) за рахунок контактування вод талого стоку з різними горизонтами підстильної поверхні. Так, показник ПО у басейні р. Дніпро навесні сягав позначок 6-9 мгО/ дм<sup>3</sup> (осінньо-зимовий період 4-5 мгО/ дм<sup>3</sup>), р. Прип'ять – 30-60 мгО/дм<sup>3</sup> (осінньо-зимовий період 9-10 мгО/ дм<sup>3</sup>), р.Тетерів та р.Уж – 9-11 мг/ дм<sup>3</sup> (осінньо-зимовий період 2-3 мгО/л та 5-6 мгО/ дм<sup>3</sup>, відповідно).

**Висновок.** Київське водосховище відіграє значиму роль у перерозподілі ОР, що надходять у межі дніпровського каскаду, акумулюючи від 31 % цих речовин у маловодні роки до 44 % - у багатоводні.

Домінуюча частка ОР Київського водосховища відноситься до компонентів гумусової природи. Вміст ГР у воді Київського водосховища прямо залежить від об'єму водного стоку річок Прип'яті та верхнього Дніпра, які на 98% забезпечують його живлення.

\* \*

1. *Варшал Г. М.* О состоянии минеральных компонентов в поверхностных водах / Г. М. Варшал // Проблемы аналитической химии. Методы анализа природных и сточных вод. – М. : Наука, 1977. – Т. 5. – С. 94–107

2. *Линник П. Н.* Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) / П. Н. Линник, Т. А. Васильчук, Р. П. Линник // Гидробиологический журнал. – 2004. – Т. 40. – № 1. – С. 81–107

3. *Осадчая Н.Н., Осадчий В.И.* Гумусовые вещества в воде днепровских водохранилищ / Н. Н. Осадчая, В. И. Осадчий // Труды УкрНИГМИ вып. 247, К., 1999, с.189-201

4. *Дмитренко В.П., Осадча Н.М., Чернецька С.А.* Про вплив метеорологічних факторів на гумусові речовини ґрунтових та водних екосистем // В. П. Дмитренко, Н. М. Осадча, С. А. Чернецька // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Вип. 254, К.: 2005.- С. 113-133

УДК 550.84(551.312:551.312.3:532.582)(001.891)

**Жежеря В.А., Жежеря Т.П.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна,  
zhezheryava@mail.ru, tanyadyka@ukr.net*

**МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ  
СПІВІСНУЮЧИХ ФОРМ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
У СКЛАДІ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН  
ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Розглянуто методичні особливості дослідження співіснуючих форм хімічних елементів у складі завислих речовин. Встановлено доцільність використання запропонованого способу двостадійної обробки завислих речовин у процесі вивчення співіснуючих форм хімічних елементів. Наведено результати дослідження форм знаходження хімічних елементів у складі завислих речовин поверхневих водних об'єктів. Розглянуто методичні особливості вивчення адсорбованої форми металу, здатної до десорбції при рН 4,0.

У поверхневих водах завислі речовини містять у своєму складі у різному співвідношенні компоненти органічної і мінеральної природи, що залежить від типу водного об'єкту, його фізико-географічного розташування, особливостей гідрологічного режиму, пори року. Для водних об'єктів з уповільненим водообміном характерне домінування завислих речовин органічної природи, які можуть бути представлені детритом, біомасою фітопланктону різних відділів, а також зоо- і бактеріопланктону. Завислі речовини мінеральної природи, навпаки, превалюють у річках, зокрема з високими показниками каламутності води.

Дослідження співіснуючих форм хімічних елементів у складі завислих речовин потребує застосування певної послідовності пробопідготовки зразків, що дозволяє встановити їхній вміст у складі як органічних, так і мінеральних компонентів завислих речовин. На теперішній час існує низка методів руйнування завислих речовин і твердої фази донних відкладів з метою їхнього хімічного аналізу: послідовна п'ятистадійна обробка [10], "мокре спалювання" в суміші концентрованих нітратної і сульфатної ( $\text{HNO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) кислот [1], руйнування силікатних мінералів у суміші 48 % -ної фтороводневої  $\text{HF}$  і 70 % -ної перхлоратної  $\text{HClO}_4$  кислот [1], сплавляння в суміші натрію карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і натрію тетраборату  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  [1, 6], з використанням літію

метаборату ( $\text{LiBO}_2$ ) [8], в суміші літію карбонату ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) і борної кислоти ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) [1], з використанням натрію пероксиду ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) [7], руйнування силікатних мінералів у гідротермальному автоклаві з фторопластовим тиглем з використанням 48 %-ної  $\text{HF}$  [4], руйнування силікатних мінералів з використанням 48 %-ної  $\text{HF}$ , 70 %-ної  $\text{HNO}_3$  і кристалічної  $\text{H}_3\text{BO}_3$  кислот [9], руйнування силікатних мінералів у 30% - ному розчині  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$  під тиском [5]. Використання деяких з вище зазначених способів не завжди прийнятне, оскільки в них застосовується  $\text{HF}$ . Це зумовлено тим, що фторид-йони заважають при фотометричному визначенні силіцію, яке базується на утворенні синьої (відновленої форми) силіціймолібденової гетерополікислоти, алюмінію з використанням реагенту хромазурулу S та титану за допомогою хромотропової кислоти.

Запропонований нами спосіб двостадійної обробки завислих речовин і твердої фази донних відкладів [3] має переваги перед вище згаданими методами, а саме: можливість їхнього руйнування без використання платинових тиглів, економія електричної енергії, повне руйнування завислих речовин, можливість використання для рутинного аналізу. Детальна інформація щодо послідовності дій пробопідготовки завислих речовин із застосуванням способу двостадійної обробки описана нами у раніше опублікованій статті [2]. Для дослідження у складі завислих речовин адсорбованої форми металу, яка здатна вилучатися у слабо кислому середовищі, нами запропоновано схему, яка детально розглянута у статті [2]. Вивчення цієї форми досліджуваного металу полягає у визначенні його концентрації у нефільтрованій і фільтрованій природній воді, підкисленій до рН 4,0. Відносний вміст досліджуваного металу, здатного до десорбції зі складу завислих речовин при рН 4,0 встановлюється шляхом врахування концентрації його адсорбованої форми, яка визначається після першої стадії способу двостадійної обробки.

За результатами багаторічних досліджень нами встановлено частку Si, P, Al, Fe, Cu і Ti, що вивільняється зі складу завислих речовин після першої стадії запропонованого нами способу обробки. Вона коливалась в межах відповідно 0,1–5,7, 82,4–91,9, 22,5–85,3, 77,3–99,8, 2,1–96,2 і 57,1–100%. Решта знаходилась у складі кристалічних ґраток мінеральних частинок завислих речовин, концентрацію і частку яких визначали лише після повного руйнування завислих речовин з використанням гідротермальної обробки (друга стадія двостадійної обробки). Встановлено, що для силіцію характерне переважне знаходження у складі кристалічних ґраток мінеральних частинок і стулок кремнеземних панцирів діатомових



водоростей, тоді як інші досліджувані хімічні елементи превалюють у більшості випадків в адсорбованому вигляді або знаходиться у складі біотичної складової завислих речовин (перша стадія двухстадійної обробки).

Вивчення адсорбованої форми металу, здатної до десорбції у слабко кислому середовищі, важливо з метою встановлення концентрації металу, потенційно здатного до вторинного забруднення водного середовища. В р. Либідь вміст цієї форми алюмінію досягав 50,8–311 мкг/дм<sup>3</sup>, а в озерах системи Опечень концентрація зазначеної форми алюмінію і феруму становила відповідно 3,1–151 і 30–625 мкг/дм<sup>3</sup>. Частка адсорбованої форми алюмінію і феруму, здатної до десорбції при рН 4,0, у вище згаданих водоймах коливалась в межах відповідно 1,1–99,1 і 7,5–99,6%.

\* \*

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии / Р. Бок.: пер. с англ. / [под ред. А.И. Бусева и Н.В. Трофимова]. – М.: Химия, 1984. – 432 с.

2. Жежеря В.А., Линник П.Н., Жежеря Т.П., Скоблей М.П. Методические особенности пробоподготовки взвешенных веществ и донных отложений // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 6. – С. 95–114.

3. Пат. 107989 Україна, МПК<sup>51</sup> (2015.01) G 01 N 1/00, G 01 N 33/18, G 01 N 33/24 Спосіб двостадійної обробки проб завислих речовин і донних відкладів; винахідник: Линник П.М., Жежеря В.А., Дика Т.П. – № а 2013 05219; заяв. 23.04.2013; опубл. 10.03.15, Бюл. № 5.

4. Bernas B. A new method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry // Anal. Chem. – 1968. – Vol. 40, № 11. – P. 1682–1686.

5. Doležal J., Lenz J., Šulcek Z. Decomposition by pressure in inorganic analysis // Anal. Chim. Acta. – 1969. – Vol. 47, Issue 3. – P. 517–527.

6. Fowler R. M., Hazel W. M., Highfill J. P., Stevens R. E. Silicate Analysis // Anal. Chem. – 1952. – Vol. 24, № 1. – P. 196–197.

7. Guest R J., Macpherson D. R. The use of flame procedures in metallurgical analysis: Part I. Determination of silicon in sulphide and silicate minerals // Anal. Chim. Acta. – 1974. – Vol. 71, Issue 2. – P. 233–253.

8. Ingamells C. O. Absorptiometric Methods in Rapid Silicate Analysis // Anal. Chem. – 1966. – Vol. 38, № 9. – P. 1228–1234.

9. Simmons M. S. Routine determination of particulate silica in water // Analytical letters. – 1980. – Vol. 13, Issue 1. – P. 67–74.

10. Tessier A., Campbell P. G. C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Anal. Chem. – 1979. – Vol. 51, № 7. – P. 844–851.

УДК 556.531.4

**Коваль К. В.**

*Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича,  
м. Чернівці, Україна  
katie94.kk@gmail.com*

## **ОЦІНКА ЯКІСНОГО СТАНУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ РІЧКИ ТИСМЕНИЦІ**

Проаналізовано чинники формування та зроблена оцінка якісного стану води річки Тисмениці за 1994-2008 рр., вивчені особливості просторово-часової динаміки її хімічного складу.

Якість річкових вод є індикатором стану екосистем. Річка Тисмениця є найбільш забрудненою в басейні р. Дністер. На території її басейну знаходяться родовища корисних копалин та нафтодобувний комплекс (Борислав – Дрогобич), також тут зосереджені підприємства хімічної, харчової та легкої промисловості, які впливають на хімічний склад та якість води річки.

В Передкарпатському прогині зосереджені нафтові і газові родовища та ресурси кам'яної і калійних солей. Серед розвіданих родовищ найбільш інтенсивно розроблюється Стебницьке.

Околиці Трускавця багаті різними корисними копалинами: нафтою, озокеритом, сіллю, поліметалічними (свинцево-цинковими) рудами. Наявність корисних копалин сприяла утворенню різних за хімічним складом і лікувальними властивостями мінеральних вод.

Підземні води високомінералізовані, збагачені підвищеною кількістю йоду і бромю, також характеризуються підвищеною температурою, тобто в деяких випадках їх можна віднести до термальних.

Головні промислові об'єкти на території басейну розташовані у містах Дрогобич, Борислав та Стебник:

- 1) Дрогобицький нафтопереробний завод (ВАТ «НПК Галичина»);
- 2) ВАТ «Галол» — виробник мастил;
- 3) ТОВ «Універсальна бурова техніка» (колишній «Дрогобицький долотний завод») — єдине в Україні підприємство по виробництву долот для нафтодобування;
- 4) ПАТ «Дрогобицький завод автомобільних кранів» — виготовляє автомобільні гідравлічні крани марки «Силач»;
- 5) ВАТ «Дрогобицький машинобудівний завод» — виготовляє

обладнання для транспортування, добування та переробки нафти та газу;

- 6) ВАТ «Дрогобицький хлібокомбінат»;
- 7) ВАТ «Дрогобицький молокозавод» — виготовляє продукти під маркою «Драгобрат»;
- 8) ВАТ «Дрогобицька Фарба» — виготовляє фарби марки «ДРОФА»;
- 9) ВАТ «Дрогобицьке швейне підприємство Зоря»;
- 10) ВАТ «Дрогобицький завод залізобетонних виробів»;
- 11) ЗАТ «Дрогобицький м'ясокомбінат»;
- 12) «Дрогобицький солеварний завод»;
- 13) ВАТ «Дрогобицький тепличний комбінат»;
- 14) Бориславський газопереробний завод;
- 15) Стебницьке ДГХП «Полімінерал».

Оцінка якісного стану поверхневих вод здійснювалась за індексом забруднення води (ІЗВ) та методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Вихідними матеріалами слугували літературні і наукові видання, результати аналізу проб води.

За переважаючими іонами вода р. Тисмениці належить до хлоридного класу, кальцієвої групи, третього типу.

Вода р. Тисмениці як вище, так і нижче м. Дрогобич належить до IV класу якості (забруднена). Це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Вода вище міста є менш забрудненою і в деякі роки за ІЗВ належить до III класу якості – помірно забрудненої. Основними забруднюючими речовинами є амонійний азот, залізо, феноли і нафтопродукти – їхні концентрації значно перевищують гранично допустимі. Також низьким є вміст розчиненого кисню.

Ті ж забруднюючі речовини переважають і у воді нижче міста, але у більших концентраціях. У 2005 році вода річки досягає VI класу забрудненості (дуже брудна) за рахунок високої концентрації фенолів та нафтопродуктів.

За методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями вода р. Тисмениці належить до 3 категорії, II класу (добра, досить чиста; мезоевтрофна, β'-мезосапробна). Найбільші значення індексів характерні для трофо-сапробіологічних показників за рахунок високих концентрацій сполук азоту та фосфатів.

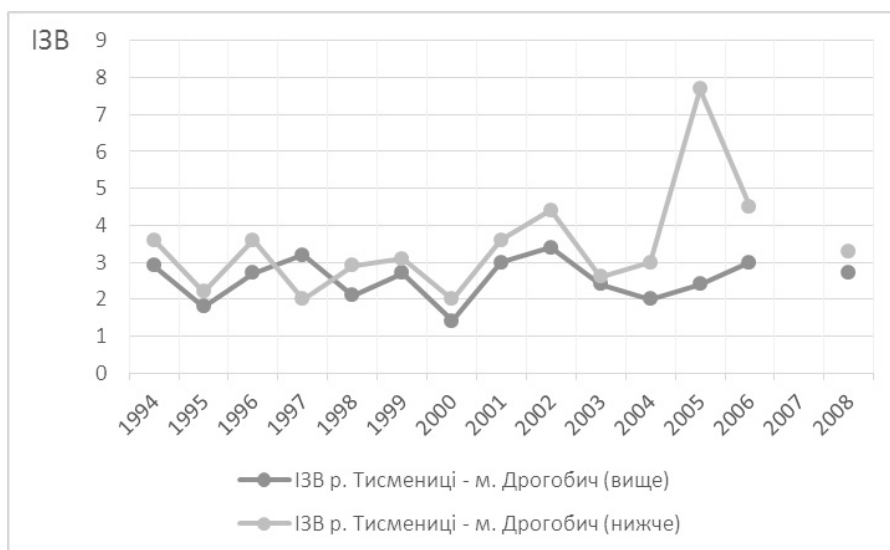


Рис. 1. Графік просторово-часової динаміки ІЗВ р. Тисмениці – м. Дрогобич

Отже, на якість води р. Тисмениці впливають як природні, так і антропогенні чинники. Негативні зміни якості води зумовлені надходженням хімічних речовин зі скидами промислових підприємств стічних вод в районах міст Дрогобич, Борислав та Стебник. Вода р. Тисмениці характеризується високими значеннями мінералізації внаслідок живлення високо мінералізованими підземними водами та розташування на території басейну родовищ нафти, газу, кам'яної та калійної солей.

\* \*

1. Андрусяк Н.С. Екотоксологічна оцінка якості води малих річок Передкарпатської нафтогазоносною провінції. / Н.С. Андрусяк // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія географія №2, Вип. 26: 2009. – С.151-157.

2. Гончар. О.М. Гідрохімічний режим та оцінка якості води річки Дністер (Подільська частина) / Гончар О.М. // Науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія». – К.: ВГЛ «Обрії», 2007. – Т.12. – С. 164-172.

3. Осадчий І. В. Кисневий режим поверхневих вод України / І. В. Осадчий, Н. М. Осадча // Наук. пр. Укр. н.-д. гідрометеоролог. ін-ту. – 2007. – Вип. 256. – С. 265-285.

4. Хільчевський В. К. Характеристика гідрохімічного режиму річок басейну Дністра / В. К. Хільчевський, О. М. Гончар // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3. – С. 126-137.

УДК 504.61 (477.8)

**Корчемлюк М.В., Архипова Л.М.**

*Карпатський національний природний парк, Івано-Франківській національний  
технічний університет нафти і газу  
konsevich@ukr.net*

## **ПРОСТОРОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПРУТСЬКОЇ ЕКОСИСТЕМИ**

В статті представлені результати досліджень з виявлення закономірностей просторового розподілу комплексного показника якості води на території Карпатського національного природного парку. Отримана функціональна залежність – модельне рівняння регресії для визначення фонового значення комплексного показника екологічного стану Прутської екосистеми Індексу забруднення води в будь-якому створі верхньої частини басейну Прута в залежності від абсолютної висоти місцевості.

Відповідно до українського природоохоронного законодавства, оцінка якості навколишнього природного середовища проводиться з метою встановлення гранично допустимих норм дії, що гарантують екологічну безпеку населення, збереження генофонду і забезпечують раціональне використання й відтворення природних ресурсів в умовах стійкого розвитку господарської діяльності.

Метою дослідження стало встановлення фонових значень гідрохімічних параметрів гідроекосистеми р. Прут в межах Карпатського національного природного парку (КНПП), визначення екологічної норми компонентів природних вод у межах досліджуваної території шляхом вивчення та виявлення загальних і окремих закономірностей їх просторового розподілу на основі статистичної обробки даних результатів гідрохімічних спостережень за період 2001-2015 рр. Дані отримані аналітичною лабораторією КНПП, завідувачем якої є автор статті.

Методи досліджень – аналітичний з накопиченням матеріалів екологічної інформації щодо гідроекосистем та їх обробка; статистичний і математичний з використанням пакетів програм Microsoft EXCEL, Tablecurve 2D.

Виходячи з того, що надані КНПП результати моніторингу поверхневих вод показують належність води протягом багаторічних досліджень до класу «чиста» або «досить чиста», «добра» або «дуже добра», та враховуючи те, що скидання в межах КНПП комунально-

побутових стічних вод не призводить в 99% випадків до перевищень нормативів якості, була поставлена задача визначення екологічної норми компонентів якості природних вод та знаходження функціональних закономірностей їх просторових змін в межах досліджуваної території.

За способом побудови обрали статистичну модель, засновану на математичній обробці масиву статистичних даних за результатами гідрохімічних аналізів поверхневих вод лабораторією аналітичного контролю КНПП за 2001-2015 рр. Кожен числовий результат, що відповідає певному контрольному створу, є узагальненим значенням 60 значень, оскільки щорічно проби відбирали чотири рази в рік.

Існуюча база даних гідрохімічного моніторингу КНПП оброблена за методикою визначення середнього геометричного. Середнє геометричне відображає середнє арифметичне від логарифмів початкових чисел, при цьому сильно знижується вплив на середню різких крайніх відхилень, що часто спостерігається у варіаційних рядах моніторингових спостережень за якістю природних вод.

Розрахунки Індексу забруднення води (ІЗВ) склались в багаторічні ряди значення комплексного показника якості, що виявляє певні закономірності розподілу в просторі. Для середньобагаторічних значень отримано криву залежності та лінійне функціональне рівняння регресії, за яким можна визначати норму ІЗВ Прутської екосистеми в межах КНПП за висотою місцевості (рис. 1).

Для отримання функціональних лінійних залежностей та рівнянь регресії рядів спостережень, застосовувалась програма TableCurve 2D. На поданих побудованою програмою TableCurve 2D залежностях в описі над кривою подано рівняння функціональної залежності, коефіцієнти рівняння та основні параметри розрахованої статистики.

Отримана крива залежності норми індексу забрудненості води від висоти місцевості для р. Прут проходить по центру скупчення точок спостережень, поряд розташовані криві, що описують довірчий інтервал 95% забезпеченості. Таким чином, між ознаками існує тісний функціональний зв'язок. Коефіцієнт детермінації ( $D=r^2=0,895$ ) показує, що варіація  $Y$  на 90% зумовлена варіацією  $X$  (рис. 1). Реальний якісний стан Прутської екосистеми в межах КНПП до абсолютної висоти 700 м – це оптимальний стан, нижче - стан напруження адаптації.

Значимість коефіцієнта ( $r^2=0,895$ ) оцінювалась за допомогою таблиць квантилей  $F$ -розподілу та таблиць значимості коефіцієнта. Останні мають два входи – число ступенів волі, яке дорівнює кількості спостережень, зменшеній на 2. Рівень значимості прийнятий 5%. Задаючи рівень значимості та визначивши кількість ступенів свободи, знаходили

відповідне критичне значення коефіцієнта. У даному випадку значення коефіцієнта  $r^2=0,895$  більше знайденого табличного критичного  $r^2=0,707$  (для об'єму виборки 8 і рівня значимості  $p=0,05$ ). Тобто, нульова гіпотеза відсутності зв'язку між ознаками відхиляється. Гіпотеза існування суттєвого зв'язку між ознаками приймається як істинна.

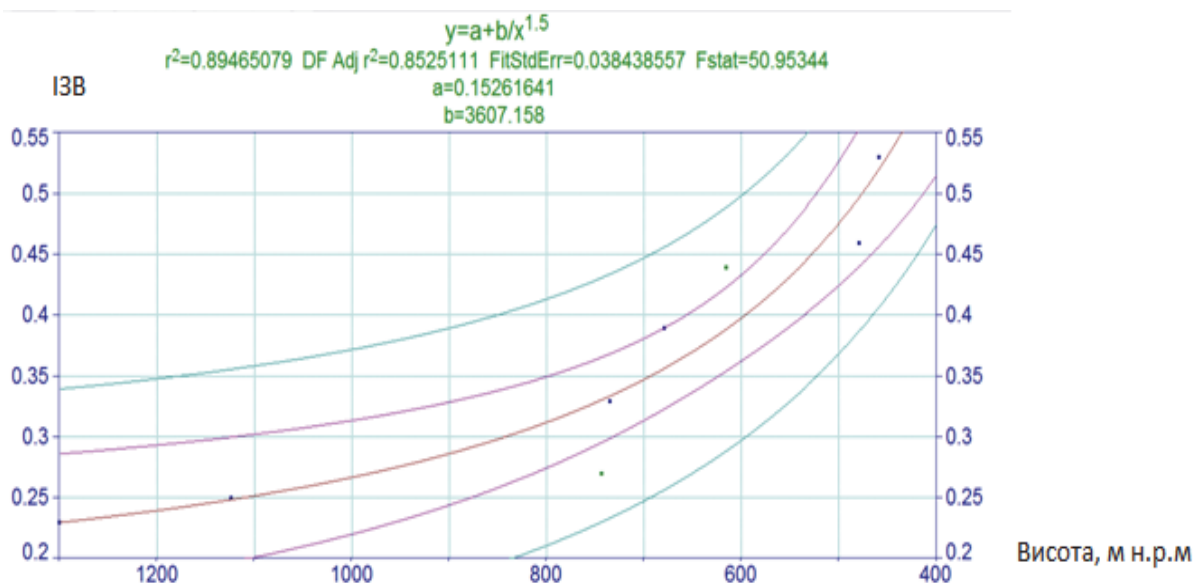


Рис. 1. Функціональна залежність зміни Індексу забруднення води Прутської екосистеми за висотою місцевості в межах КНПП

Отже, результатом проведених досліджень є функціональна модель зміни середньобагаторічного індексу забруднення води в Прутській екосистемі в межах КНПП в залежності від висоти над рівнем моря, яка виражається значимим рівнянням регресії:

$$ІЗВ = 0,15 + 3607,15/H^{1,5}, \quad (1)$$

де  $H$  – абсолютна висота місцевості над рівнем моря, м

Висновок. Вперше виявлена закономірність просторового розподілу комплексного показника якості води (ІЗВ) на території КНПП. Отримано функціональну залежність – модельне рівняння регресії для визначення фонових значень комплексного показника екологічного стану водойм – ІЗВ в будь-якому створі території в залежності від абсолютної висоти місцевості.

УДК 556.551:502.62

**Кравцова О. В.***Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна  
kravtsovaolga00@gmail.com***ОСОБЛИВОСТІ КАСКАДУ ВОДОЙМ  
ДЕРЖАВНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ»  
(М. БІЛА ЦЕРКВА)**

Здійснено аналіз особливостей гідрохімічного режиму та стану вивчення фітопланктону каскаду водойм з екстремальним вмістом мінерального азоту дендропарку «Олександрія» за літературними даними.

На території дендропарку «Олександрія» площею більше 290 га водойми займають близько 21 га. Неодноразово увага дослідників приверталась до каскаду трьох водойм парку, в яких було відзначено надзвичайно високий вміст сполук мінерального азоту, що призводить до пригнічення росту і розвитку гідробіонтів та їх загибелі.

Метою роботи був аналіз особливостей каскаду ставів дендропарку.

Розташовані каскадом паркові водойми характеризуються різною площею водної поверхні: №1 (Потерчата) – 0,3 га, №2 (Русалка) – 0,6 га, №3 (Водяник) – 1,0 га і глибиною біля 1,5–2,5 м, мають джерельне живлення і малу проточність (у середньому 9–11 м<sup>3</sup>/год). Зв'язок між ними здійснюється через гребельні стоки висотою 1,5–2,0 м [3].

Згідно проведених у 2003–2004 рр. досліджень [2, 3] у водоймі №1 концентрація усіх форм азоту була високою ( $\text{NH}_4^+$  – 14,6–108,0,  $\text{NO}_2^-$  – 0,43–0,50,  $\text{NO}_3^-$  – 9,7–47,0 мг N/дм<sup>3</sup>), у водоймах №2 і №3 дещо нижче і становила відповідно по формах азоту 218–314 і 34,8–53,9, 1,95–3,33 і 0,63–0,75, 25,8–65,0 і 15,5–25,2 мг N/дм<sup>3</sup>. Відмічено дуже високу концентрацію  $\text{NH}_4^+$  (1200–1400 мг N/дм<sup>3</sup>) в усі пори року у водоймі №2 у місці впадіння теригенного стоку, що є основним джерелом забруднення.

Концентрація мінерального азоту у водоймах знижується в періоди підвищеної водності (літо – осінь) у зв'язку з розбавленням при віддаленні від джерела забруднення, однак підвищується у водоймах №1 і 2 у місці надходження теригенного стоку [2, 3].

Дослідження 2003-2004 рр. [2, 3] дозволили зареєструвати найбільше значення мінералізації води в джерелі водойми №1 (3500 мг/дм<sup>3</sup>) і в теригенному стоці (2500 мг/дм<sup>3</sup>), далі по каскаду його величина знижувалась.



Вміст хлоридів у водоймах дуже високий (306–698 мг/дм<sup>3</sup>), у місці надходження теригенного стоку досягав 1029 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст сульфатів помірний (120–130 мг/дм<sup>3</sup>), концентрація близька до природного фону і по каскаду водойм має рівномірний розподіл. Вміст фосфору фосфатів в усі сезони був відносно низьким (0,005–0,0015 мг Р/дм<sup>3</sup>).

Біхроматна окиснюваність у водоймах №1 і №2 в місці надходження теригенного стоку і біля греблі була дуже високою, що свідчить про забруднення алохтонною і автохтонною (розкладання рослинних залишків) органічною речовиною [3].

Значення рН коливалося від 7,4 до 8,8, лише на ділянках, де надходить теригенний стік та на межі берега і води водойми №2 величина рН перевищувала 8,5, досягаючи 9,7.

У водоймах відзначався сильний дефіцит кисню. Так, у водоймі №1, де водяна поверхня покрита килимом нитчастих водоростей та вищих водяних рослин, вміст розчиненого кисню не перевищував 1,1–1,7 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (10,1–17,9% насичення). У водоймі №2 був вищим – 5,2–5,3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (48,3–49,9%), а у водоймі №3 знаходився на рівні 1,92 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (22 %) [3].

Протягом 1995–2001 рр. спостерігали поступове зниження концентрацій нафтопродуктів, важких металів у воді водойм, однак їх підвищення у донних відкладах. Найбільш забрудненим був став №1 [5].

В той же час вивчення фітопланктону водойм дендропарку, як важливого компоненту біоти, носить фрагментарний характер, є лише поодинокі відомості [1].

Отже, у водоймах дендропарку на фоні високого вмісту мінерального азоту спостерігається погіршення якості води за вмістом сполук мінерального азоту, хлоридів, відзначається дефіцит розчиненого кисню, зменшення вмісту важких металів і нафтопродуктів, що обумовлено теригенним стоком. Фактично, це природний полігон, на якому спостерігається погіршення екологічної ситуації у зв'язку з антропогенним навантаженням, що потребує подальшого детального вивчення та аналізу.

\* \*

1. *Березовська В. Ю.* Різноманіття водоростей водойм дендропарку «Олександрія» /Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матеріали Міжнародної конференції молодих учених, присвяченої 120-річчю від дня народження Д.К. Зерова (м. Полтава, 15-20 вересня 2015 року). – Полтава, 2015. – С. 18 — 19.

2. *Киризий Т. Я., Бабич Г.Б., Самойлова Т. Д.* Динамика содержания минерального азота в водоемах дендропарка «Александрія» (г. Белая Церковь) / *Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія.* – 2005. - № 3 (26). – С. 195 — 197.

3. *Крот Ю. Г., Киризий Т. Я., Бабич Г.Б., Леконцева Т.І.* Динаміка гідрохімічного режиму каскаду водоем дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква) при надходженні неорганічних форм азоту з джерельними водами / *Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія.* – 2005. - № 1-4 (25). – С. 102 — 108.

4. *Кулик С. М.* Динаміка розповсюдження техногенного забруднення у біокосних системах території державного дендропарку "Олександрія"/ *Пошукова та екологічна геохімія.* — 2003. — № 2/3. – С. 58 — 61.

5. *Плескач Л. Я.* Забруднення водоем дендропарку «Олександрія» та його вплив на стан рослинності // *Інтродукція рослин.* – 2004. – № 2. – С. 80 – 87.

УДК 504.4

**Лужанська Д.В., Даус М.Є.**

*Одеський державний екологічний університет*

*di-anna94@list.ru*

*dme2468@gmail.com*

## **ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ПРИТОК РІЧКИ ДЕСНА**

Проведена оцінка якості води приток річки Десна за комплексним показником – індексом забруднення води (ІЗВ) у різні фази водного режиму та придатності її до використання для господарсько-питних потреб.

Визначення якості вод приток річки Десна є важливою прикладною задачею, поставленою міжнародною програмою по екологічному оздоровленню Дніпра, прийнятою у відповідності із меморандумом про співробітництво Білорусі, Російської Федерації та України (1995). Верховна Рада України прийняла постанову про Національну програму екологічного оздоровлення Дніпра і покращення якості питної води від 27 лютого 1997 року. Програма ПРООН – ГЭФ була розрахована на 2000-2004рр. і спрямована на розроблення системи заходів та механізмів їх впровадження з метою екологічного відродження трансграничної р. Дніпро.

Головною проблемою приток річки Десна на сьогоднішній день є їх забруднення хімічними речовинами, які надходять від антропогенних джерел і суттєво погіршують якість води.

Метою роботи є оцінка якості води приток річки Десна у різні фази водного режиму за комплексним показником – індексом забруднення води (ІЗВ) та придатності її до використання для господарсько-питних потреб. Актуальність роботи полягає в тому, що річка Десна з основними притоками (Снов, Сейм) відноситься до річок транскордонного значення, адже їх стік формується в межах двох країн: Росії та України.

Об'єктами дослідження є річки Сейм Снов, Остер та Головесня.

Для характеристики гідрохімічного режиму і оцінки якості води приток використана інформація спостережень на постах моніторингу: р. Головесня – с. Покошичі (1.8 км нижче села), р. Снов – с. Носівка (в межах села), р. Остер – м. Козелець (1 км вище села) та р. Сейм – с. Мутіно (2 км вище села) за період 1989 – 2010 рр. Вихідні дані розглядалися відповідно до основних гідрологічних сезонів за багаторіччя: період весняної повені, літньо - осінньої та зимової межені.

Методика оцінки якості води за комплексним показником - індексом забрудненості води (ІЗВ) - була рекомендована для використання підрозділам Держкомгідромету [1]. Розрахунок ІЗВ проводиться за обмеженим числом інгредієнтів – азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК. ІЗВ розраховується за формулою:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \quad (1)$$

де  $C_i$  – середня концентрація показника якості води,  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація показника якості води.

За фазами водного режиму були розраховані середні значення ІЗВ для кожного з водотоків (табл. 1). Осереднені показники ІЗВ за фазами водного режиму мають найменші значення в період весняно-літнього водопілля за рахунок інтенсивного розбавлення водних потоків, не чітко це простежується на посту р. Сейм в зв'язку з невеликою кількістю проб. В період зимової та літньо-осінньої межень показники ІЗВ мають більші значення, що пов'язано з низьким рівнем води в річках. Порушується тенденція лише на р. Головесня, що можна пояснити невеликими розмірами річки.

Таблиця 1

Показники ІЗВ осереднені за фазами водного режиму  
за період з 1989 – 2010 рр.

Фаза водного режиму	Показник ІЗВ осереднений за фазами водного режиму			
	р. Сейм	р. Снов	р. Головесня	р. Остер
Зимова межень	0,31	0,67	0,33	0,49
Весняно-літнє водопілля	0,41	0,45	0,33	0,44
Літньо-осіння межень	0,53	0,80	0,35	0,58

Повторюваність показників ІЗВ за фазами водного режиму наведено в таблиці 2. Основне забруднення і, як наслідок, погіршення класу якості води, спричиняли такі речовини як феноли та нафтопродукти. Саме з ними пов'язане різке зростання величини ІЗВ на трьох гідрологічних постах у 1994 році.

Таблиця 2

Повторюваність класів якості води (%) за показником ІЗВ  
за характерні фази водного режиму

Класи якості води за показником ІЗВ	I	II	III	IV	V	VI	VII
р. Головесня, с. Покошичи							
Зимова межень	47	53					
Весняно-літнє водопілля	33	64	3				
Літньо-осіння межень	43	57					
р. Сейм, с. Мутіно							
Зимова межень	67	33					
Весняно-літнє водопілля	60	32	4	4			
Літньо-осіння межень	50	34	8	8			
р. Снов, с. Носівка							
Зимова межень	72	14		14			
Весняно-літнє водопілля	42	50	4	4			
Літньо-осіння межень	42	48	5	5			
р. Остер, м. Козелець							
Зимова межень	29	71					
Весняно-літнє водопілля	21	73	6				
Літньо-осіння межень	21	69	5	5			

Аналіз показує, що притоки Десни (Сейм, Снов, Головесня, Остер) за період з 1989-2010 рр. за якістю води можуть бути віднесені до чистих і помірно забруднених, спостерігалися одноразові значення IV класу якості води. За фазами водного режиму осереднені показники ІЗВ в період весняно-літнього водопілля на всіх постах спостереження мають менші значення за рахунок процесів інтенсивного розбавлення. В період зимової та літньо-осінньої межені показники ІЗВ мають більші значення в зв'язку з низьким рівнем води в річках. Не відрізняються значення ІЗВ лише на р. Головесня, що можна характеризувати невеликими розмірами річки. Води приток річки Десна є переважно придатними для господарсько-питного використання з очисткою, але оскільки є випадки IV класу забруднення, то річки потрібно зберігати під постійним наглядом.

\* \*

1. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. – К.: НІКА – Центр, 2001. – 264 с.

УДК 550.84(551.312:532.582)

**Скоблей М.П., Жежеря В.А.***Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна,  
mskoblej@ukr.net, zhezheryava@mail.ru***СПІВВІДНОШЕННЯ РОЗЧИНЕНОЇ Й ЗАВИСЛОЇ  
ФОРМ МЕТАЛІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ  
ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОБОПІДГОТОВКИ**

Наведено результати дослідження співвідношення розчиненої й завислої форм металів залежно від пробопідготовки. Обґрунтовано необхідність використання запропонованої нами послідовності дій у процесі пробопідготовки для отримання коректної інформації щодо форм знаходження металів у поверхневих водах.

Сполуки важких металів відносяться до найпоширеніших забруднювальних речовин навколишнього середовища. В поверхневих водах вони розподіляються між абіотичними і біотичними компонентами водних екосистем. Важкі метали можуть знаходитися у розчиненому стані, адсорбуватися завислими речовинами та накопичуватись живими організмами, депонуватися у складі донних відкладів, які за певних умов (дефіцит розчиненого кисню, закислення води) можуть слугувати джерелом вторинного забруднення водного середовища. В розчиненому стані, зокрема у вигляді гідратованих йонів, важкі метали характеризуються найбільшою токсичністю та біодоступністю, тоді як у складі комплексних сполук їхній токсичний вплив на гідробіонтів істотно знижується. Окремо заслуговує на увагу адсорбована форма металу, яка здатна до десорбції з поверхні завислих речовин при закисленні води. Цю форму металу можна вважати потенційно біодоступною.

Дослідження співвідношення розчиненої і завислої форм важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni і Cr) у воді річок басейну р. Тиса (річки Тиса, Уж, Латориця, Страж, Улічка, Убля) проводили протягом 2014–2015 рр. з використанням загальноживаної пробопідготовки на станціях моніторингу екологічного стану водних об'єктів (І спосіб), а також запропонованої нами схеми пробопідготовки із застосуванням методу мембранної фільтрації (для відокремлення завислих речовин) і способу двостадійної обробки завислих речовин (для визначення їхнього хімічного складу) (ІІ спосіб).

При використанні I способу пробопідготовки для визначення загальної концентрації металів відібрану пробу води консервували в поліетиленових бутлях шляхом додавання концентрованої нітратної кислоти кваліфікації “х. ч.” до рН 2,0. Для визначення вмісту розчиненої форми металів пробу фільтрували крізь фільтр “синя стрічка” одразу після відбору та консервували нітратною кислотою кваліфікації “х. ч.” до рН 2,0. Вміст завислої форми металу знаходили за різницею між величинами загальної концентрації досліджуваного металу та його вмісту у розчиненій формі. Аналіз підготовлених таким чином проб води здійснювали за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією з використанням спектрофотометра ContrAA700.

При використанні II способу пробопідготовки пробу води фільтрували крізь мембранний фільтр з діаметром пор 0,4 мкм. Для визначення загальної концентрації розчиненої форми досліджуваного металу аналізували підкислений фільтрат природної води концентрованою нітратною кислотою кваліфікації “х. ч.” до рН 2,0. У подальшому, після визначення маси завислих речовин, мембранний фільтр з завислими речовинами підлягав двостадійній обробці. Детальну інформацію щодо методики зазначеної пробопідготовки викладено у раніше опублікованій статті [1]. В отриманому розчині після першої стадії двостадійної обробки визначають вміст адсорбованої форми металу у складі завислих речовин, а також ту частину металу, яка входить до складу представників фіто-, зоо- і бактеріопланктону. Після другої стадії зазначеної обробки завислих речовин в одержаному розчині визначають концентрацію досліджуваного металу, що входить до складу частинок мінеральної природи. Для визначення концентрації металів у підкисленому фільтраті води і в отриманих розчинах після першої та другої стадій двостадійної обробки завислих речовин також застосовували метод атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією.

Загальна концентрація Cd, Cu, Pb, Zn, Ni і Cr у воді річок басейну Тиса знаходились в межах відповідно 0,04–5,86, 1,3–14,6, 1,4–16,5, 4,4–52,2, 0,8–21,7 і 0,2–8,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Вміст зазначених металів у розчиненому й завислому станах складав відповідно 0,036–0,24, 0,35–11,5, 0,5–8,6, 1,8–36,6, 0,7–15,3, 0,03–5,9 мкг/дм<sup>3</sup> і 0,01–5,25, 0,19–12,2, 0,1–7,9, 1,3–21,5, 0,1–7,9, 0,05–3,15 мкг/дм<sup>3</sup> [2, 3]. Наведені вище результати дослідження стосуються вимірювань після II способу пробопідготовки, оскільки вони

були вищими, ніж після I способу. Ця різниця стосується, передусім, величин загального вмісту металів, а також їхньої концентрації у завислому стані. На нашу думку, I спосіб пробопідготовки призводить лише до часткового руйнування завислих речовин під час аналізу підкисленої нефільтрованої проби води методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією. Слід зазначити, що зниження значень загального вмісту Cd, Cu, Pb, Zn, Ni і Cr, а також їхньої концентрації у завислому стані становить в середньому 25,5, 32,5, 40,1, 32,5, 32,2 і 45,2% для кожного із зазначених металів. Тобто при використанні I способу пробопідготовки відбувається зниження як загальної концентрації металів, так і відносного вмісту їхньої завислої форми. Під час використання I способу пробопідготовки значення концентрації металів у завислому стані стосуються лише його адсорбованої форми, яка здатна до десорбції при рН 2,0. Частка цієї форми Cd, Cu, Pb, Zn, Ni і Cr у воді досліджуваних річок становила в середньому 29,1, 9,8, 16,5, 12,8, 9,1 і 6,3% від загального вмісту кожного з металів.

Отже, використання II способу пробопідготовки дозволяє запобігти одержанню некоректних результатів при вимірюванні вмісту важких металів у складі завислих речовин, а також при встановленні співвідношення їхніх форм знаходження. Окрім цього, маса та характер завислих речовин істотно впливає на розподіл металів між розчинною і завислою формами. Якщо це дрібнозернисті частинки завислих речовин, то слід очікувати помітного концентрування металів у їхньому складі внаслідок інтенсифікації адсорбційних процесів. Крім гранулометричного складу важливе значення має природа завислих речовин.

\* \*

1. Жежеря В.А., Линник П.Н., Жежеря Т.П., Скоблей М.П. Методические особенности пробоподготовки взвешенных веществ и донных обложений // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 6. – С. 95–114.

2. Линник П.М., Скоблей М.П., Жежеря В.А. Роль завислих речовин у міграції металів у річках басейну Тиси // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. зб. – 2015. – Т.4 (39). – С. 13–23.

3. Скоблей М.П., Линник П.М. Важкі метали у воді річки Тиса: вміст, форми знаходження та особливості міграції (за результатами моніторингових досліджень). – К.: Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. зб. – 2014. – Т.4(35). С. 87–97.



УДК 581.526.325 (282.247.325.2)

**Задорожна Г.М.**

*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна  
anna\_zadorozhna@ukr.net*

## **ТАКСОНОМІЧНА СТРУКТУРА ФІТОПЛАНКТОНУ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД**

На основі даних п'ятирічного моніторингу проаналізовано видовий склад зимового фітопланктону Канівського водосховища. Виділено провідні таксономічні роди, класи і відділи. Показано, що видове багатство планктонних водоростей якісно та кількісно відрізнялось у різні роки досліджень.

Розвиток фітопланктону помірних водойм характеризується чітко вираженою сезонною динамікою. Найменш дослідженим у річному циклі залишається зимовий період, який характеризується екстремальними по відношенню до світла та температури води умовами. Відомо [1, 2], що більшість видів планктонних водоростей у зимовий період опускаються на дно, де знаходяться у стані спокою або низької активності.

Дослідження фітопланктону Канівського водосховища численні, проте всі вони отримані у період «відкритої води». У даній роботі приведені узагальненні матеріали щодо фітопланктону Канівського водосховища у зимовий період впродовж 2009–2014 рр. Альгологічні проби відбирали на стаціонарній станції моніторингу Інституту гідробіології НАН України, яка розташована на відстані 11 км вниз за течією від греблі Київської ГЕС. Детальний опис місця відбору та методика досліджень приведені у роботах [3, 4].

За досліджуваній період у зимовому фітопланктоні Канівського водосховища виявлено 110 видів водоростей, представлених 118 внутрішньовидовий таксонами (в.в.т.) із 62 родів, 23 порядків, 12 класів і 8 відділів. Найбільш різноманітно були представлені діатомові водорості (50% загальної кількості видів), менше зелені (21%), синьозелені (12%) та золотисті (9%). Частка решти відділів (Xanthophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyta) складала всього 1–3%. Відмітимо, що практично усі знайдені види водоростей вегетують і в період «відкритої води».

Провідними за кількістю видів були класи: Bacillariophyceae (39 в.в.т.), Chlorophyceae (24), Fragilariophyceae, Hormogoniophyceae (по 12) і Chrysophyceae (11), які складала 83% видового складу мікроводоростей у зимовий період.

На рівні родів основу флористичного спектру фітопланктону формували представники *Navicula* Bory, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (по 9 в.в.т.), *Nitzschia* Hassall (6), *Aulacoseira* Thwaites, *Placoneis* Mereschkowsky, *Monoraphidium* Komárková-Legnerová (по 4), *Achnanthes* Bory, *Acutodesmus* (Hegewald) Tsarenko, *Chlamydomonas* Ehrenberg, *Chrysococcus* G.A. Klebs, *Diatoma* Bory, *Fragilaria* Lyngbye, *Trachelomonas* Ehrenberg (по 3).

В цілому, найбільшим видовим багатством фітопланктону (72 в.в.т.) характеризувався зимовий період 2010/11 рр., тоді як найменшим (31 в.в.т.) – 2012/13 рр. Аналіз подібності планктонних водоростей за коефіцієнтом Серенсена показав, що якісний склад фітопланктону відрізнявся по роках ( $K_S$  0,38–0,53). При цьому спільними для усіх зимових періодів були лише 6 видів водоростей: *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing, *Chlamydomonas reinhardtii* P.A. Dangeard, *Cyclotella kuetzingiana* Thwaites, *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Bory, *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow.

Таким чином, у зимовому фітопланктоні Канівського водосховища знайдено 110 видів водоростей (118 в.в.т.) із 8 відділів. Провідне місце у видовому багатстві займали діатомові водорості (50 % знайдених видів). Отримані значення коефіцієнту Серенсена свідчать про значну відмінність якісного складу зимового фітопланктону у досліджувані роки.

\* \*

1. Гусева К.А. Причины периодичности в развитии фитопланктона в водоеме // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Серия : Биология. – 1947. – 52. – С. 49–62.

2. Стенина А.С. Есть ли жизнь подо льдом // Вестник института биологии. – 1998. – № 14. – С.16.

3. Щербак В.И., Якушин В.М., Задорожная А.М., Семенюк Н.Е., Линчук М.И. Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона, фитомикроэпифитона и биогенных элементов на речном участке Каневского водохранилища // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 5. – С. 52–66.

4. Shcherbak V.I., Zadorozhnaya A.M. Seasonal Dynamics of Phytoplankton of the Kiev Section of the Kanev Reservoir // Hydrobiological Journal. – 2013. – Vol. 49, N. 4. – P. 26–36.

УДК 550.312

**Безлепкін М.І.<sup>1</sup>, Пігулевський П.Г.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> ДВНЗ «Національний гірничий університет», м.Дніпро, Україна<sup>1</sup>maxim.bezlepkin@ya.ru<sup>2</sup>pigulev@ua.fm**ПРО КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КРИВОРІЖСЬКОМУ ЗАЛІЗОРУДНОМУ БАСЕЙНІ**

Розглянуто питання щодо необхідності виконання комплексних досліджень для оцінки геоecологічних проблем Криворізького залізорудного басейну з метою мінімізації значних матеріальних і фінансових втрат як регіону, так і країни в цілому.

Криворізький залізорудний басейн (Кривбас) розташований в зоні впливу Криворізько-Кременчуцької міжблокової шовної зони Українського щита, тому процеси інтенсивного видобутку руди супроводжуються широкомасштабними екологічно небезпечними подіями геомеханічного походження, що призводить до утворення підземних пустот, карстових утворень, зсувних ділянок, підземних водних потоків, зон підтоплення та інших небезпечних явищ. Видобуток природних ресурсів призводить до дисбалансу між темпами зростання техногенного навантаження на навколишнє середовище і розробленням та впровадженням відповідних природоохоронних заходів. Криворізька агломерація простежується у вигляді смуги довжиною більше 100 км на схід від залізорудного родовища. На території близько 330 км<sup>2</sup> сконцентровані найбільші гірничодобувні та переробні підприємства.

Територія Кривбасу в тектонічному відношенні характеризується великою кількістю розломів з амплітудами від десятків та сотень метрів до кілометрів. Крім того, диз'юнктивні порушення є джерелами для витоків високомінералізованих вод з шламонакопичувачів у ґрунтовий шар.

Тому, інтенсивний видобуток сировини на протязі багатьох десятиліть викликав цілий ряд проблем, таких як:

- розвиток ендогенних та екзогенних геологічних процесів - провалів, зсувів, підтоплення територій та у т.ч. провали вельми великих територій землі;
- порушення природних режимів та складу підземних та поверхневих вод (забруднення підземних вод стоками хвостосховищ та шламонакопичувачів);

- деградація плодородних земель;
- необоротне відторгнення величезних площ родючих земель.

Одним із прикладів таких процесів є провал території біля шахти «Ювілейна», розміри якого становлять 350x400 метрів (рис.1), а також втрачаючи свої води водосховище у результаті розробки кар'єра (рис.2).

З наведених малюнків видно, що проблема вивчення наслідків гірничо-геологічних умов експлуатації залізородних родовищ та, зокрема, виявлення розривних порушень та розущільнених зон тектонічного та літологічного характеру є на сьогоднішній день досить актуальним завданням техногенної та екологічної безпеки у Кривбасі та, у першу чергу, у Кривому Розі.



Рисунок 1 – Космознімок провалу землі над шахтою «Ювілейна»



Рисунок 2 – Космознімки борта діючого кар'єра, виконані з різницею у вісім років

Для її вирішення на першому етапі автори виконали аналіз та синтез космознімків, які знаходяться у вільному доступі (рис. 1,2), з виділенням найбільш небезпечних місць території Кривбасу. На другому етапі планується разом з Центром аерокосмічних досліджень НАН України придбати космознімки високої здатності з архіву Європейського космічного агентства (1991, 1996, 2001, 2006, 2011 гг.) та замовити виконання нових супутникових зйомок КА ENVISAT (оптичні, радарні,

теплові) у 2016 році. За результатами обробки та інтерпретації космознімків високої роздільної здатності з використанням пакета програм ERDAS будуть створені попередні карти аномальних зон: карти Кривбасу масштабів 1:50000 - 1:10000 та семи районів міста масштабу 1:2000, за якими після проходження експертної оцінки гірничо-геологічними фахівцями будуть виділені ділянки для засвідчення наземними геофізичними методами.

Польові дослідження будуть виконані вже апробованими методами: електророзвідувальними у модифікації аудіомагнітотелурічного зондування (АМТЗ), вертикального електричного зондування (ВЕЗ), електропрофілювання (ЕП), резонансно-акустичного профілювання (РАП). Також планується виконати біолокаційну зйомку та сейморозвідку методом заломлених хвиль (МЗХ) з метою визначення глибин залягання рівня ґрунтових вод в умовах порушеного режиму підземних вод, виявлення об'єктів, що негативно впливають на процес підтоплення території, виділення карстових порожнин, зсувних процесів та моніторингу динаміки їх зміни.

Виконання досліджень у послідовності намічених етапів та передбачуваного комплексу геофізичних методів дозволить оцінити можливість та достовірність аерокосмічних зйомок для картування підземних техногенних порожнин, карстових утворень, зсувних ділянок, а також прогнозувати інші екзогенні геологічні процеси у недоступних для наземних зйомок площах з метою розробки заходів щодо попередження аварійно-небезпечних ситуацій на території Кривбасу.

На закінчення слід зазначити, що без комплексних досліджень, оцінка геоекологічних проблем Криворізького залізорудного басейну буде не повною та призведе у подальшому до значних додаткових матеріальних та фінансових втрат як регіону, так та держави у цілому.

\* \*

*Пігулевський П.Г., Пахомов С.П., Лазебник В.П.* Про можливості геофізичних методів при виявленні пустот у масивах гірських порід / Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів. Матер. II міжнар. конф.: Кривий Ріг, 21-22 грудня 2012 г. – Кривий Ріг, 2012. – С.46-48.

УДК 630 (477.86)

**Белей Л.М., Савчук Б.Б., Корчемлюк М.В., Побережник В.Й.***Карпатський національний природний парк, м. Яремче, Україна,  
cnp@meta.ua*

## **ОСНОВНІ ЛІСІВНИЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩОДО КУРТИННОГО ВСИХАННЯ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У ЗАПОВІДНІЙ ЗОНІ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ**

Проведено аналіз кризових ділянок природно-заповідного фонду з масовим всиханням ялинових насаджень в заповідній зоні Карпатського національного природного парку за такими основними лісівничими характеристиками: бонітет, тип лісу, вік деревостану та повнота (таксаційна).

Значне погіршення екологічного стану ялинових захисних гірських лісів у заповідній зоні Карпатського національного природного парку було зафіксовано влітку 2008 року на території Говерляньського природоохоронного науково-дослідного відділення в ур. Заросляк, а також на схилах г. Мала Маришевська (1452,1 м н.р.м.) та схилах г. Велика Козмеська (1573,4 м н.р.м.) у вигляді окремих осередків куртинних всихань.

Загалом у заповідній зоні парку на територіях Ямнянського, Татарівського, Говерляньського та Високогірного природоохоронних науково-дослідних відділень маршрутним та стаціонарним методом було обстежено 51 ділянку (таксаційний виділ) загальною площею 79,2 га із загальним обсягом сухостійної деревини 36939 м<sup>3</sup>. Площі сухостійних ялинових куртин на даний час є різними – найчастіше від 0,2 до 1,3 га.

Узагальнюючи натурні дані лісівничих досліджень, виявлено, що окремі ділянки куртинного всихання дерев зафіксовано в лісових масивах високих класів бонітету (рис.1). Найбільше таких ділянок ми виявили в Іа – 14152 м<sup>3</sup> (38%); ІІ – 11881 м<sup>3</sup> (32%); І – 10546 м<sup>3</sup> (29%) та ІІІ – 360 м<sup>3</sup> (1%).

Узагальнюючи натурні дані лісівничих досліджень, виявлено, що окремі ділянки картинного всихання дерев зафіксовано у високопродуктивних лісових масивах (рис.2). Найбільше таких ділянок ми виявили у вологій чистій сусмеречині (С<sub>3</sub>См) – 15906 м<sup>3</sup> (43%); вологій буково-ялицевій смеречині (Д<sub>3</sub>бкяцСм) – 14152 м<sup>3</sup> (38%); вологій буково-ялицевій сусмеречині (С<sub>3</sub>бкяцСм) – 6596 м<sup>3</sup> (18%) та вологій ялицевій сусмеречині (С<sub>3</sub>яцСм) - 285 м<sup>3</sup> (1%).

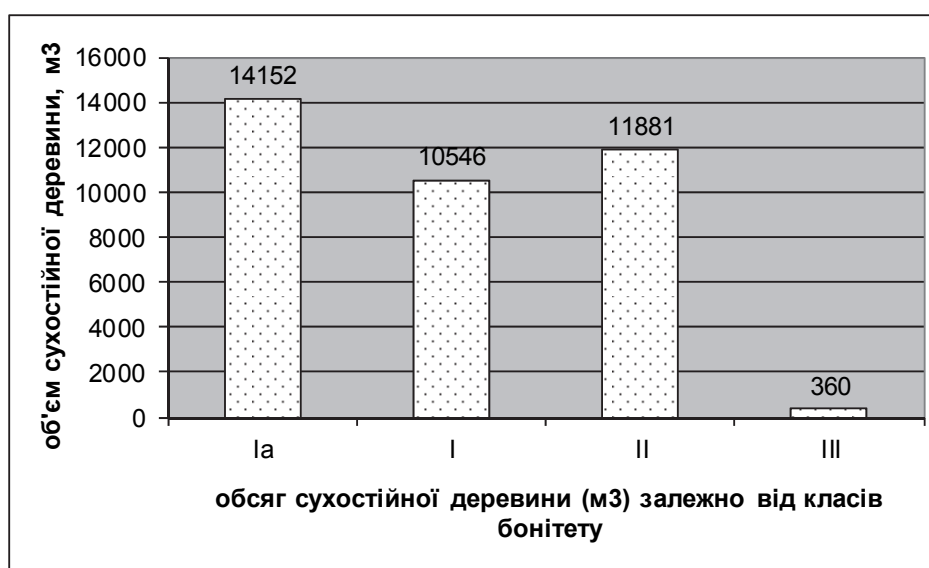


Рис.1. Обсяг сухостійної деревини (м³) залежно від класів бонітету

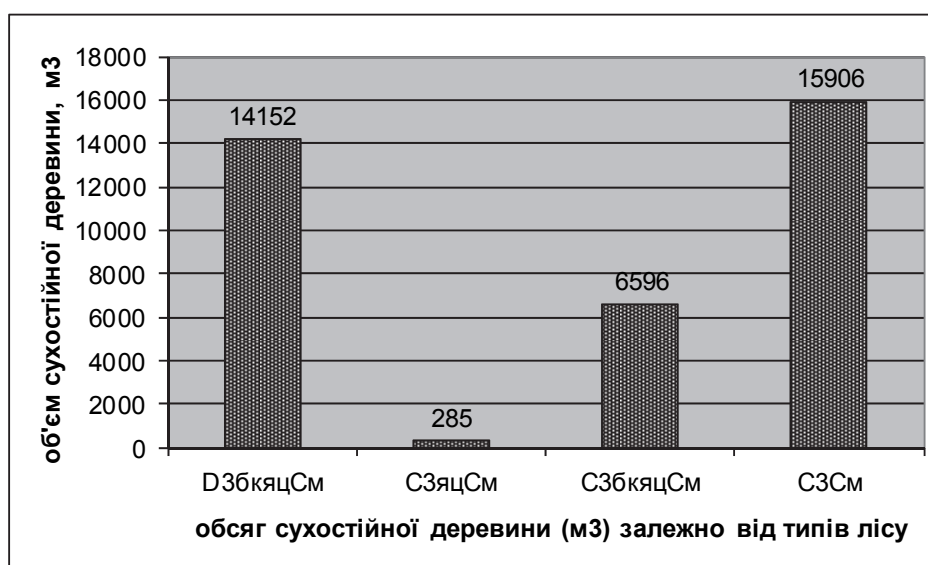


Рис.2. Обсяг сухостійної деревини (м³) залежно від типів лісу

Узагальнюючи натурні дані лісівничих досліджень, виявлено, що окремі ділянки картинного всихання дерев зафіксовано у різноманітних вікових структурах деревостанів з дуже великою амплітудою віку (150 років) (рис.3). Найбільше сухостійних деревостанів виявлено у віці 101-110 років – 12953 м<sup>3</sup> (36%); 111-120 років – 9718 м<sup>3</sup> (26%); 121-130 років – 4951 м<sup>3</sup> (13%); 171-180 років – 3202 м<sup>3</sup> (9%); 41-50 років – 770 м<sup>3</sup> (3%) та 51-60 років – 300 м<sup>3</sup> (2%). Відсутні всихання лише у віці 61-90 років.

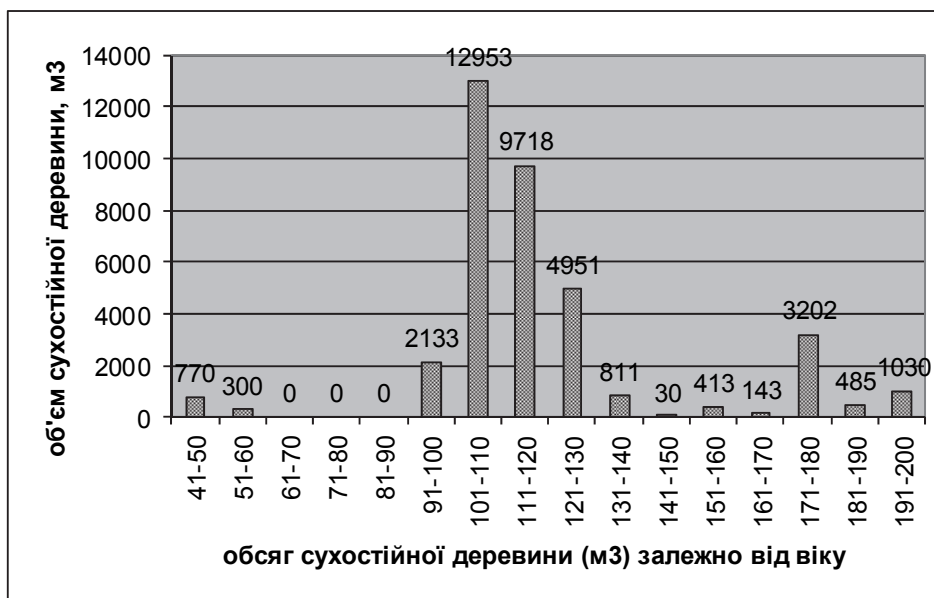


Рис.3. Обсяг сухостійної деревини (м³) залежно від віку деревостанів

Узагальнюючи натурні дані лісівничих досліджень, виявлено, що окремі ділянки картинного всихання дерев зафіксовано у деревостанах різних повнот (0,2-0,9) (рис.4). Найбільше таких ділянок ми виявили у деревостанах повнотою 0,8 – 12919 м³ (35%); 0,6 - 10614 м³ (29%) та 0,7 - 7880 м³ (21%); (0,2; 0,3; 0,4; 0,5 та 0,9) – не перевищують 4%.

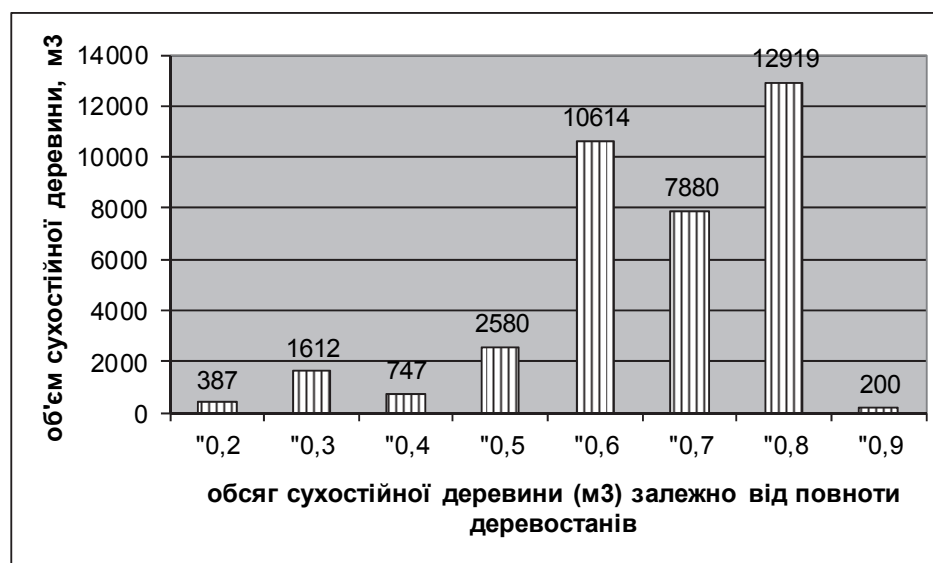


Рис.4. Обсяг сухостійної деревини (м³) залежно від повноти деревостанів



Узагальнюючи натурні дані лісівничих досліджень за бонітетом, типом лісу, віком деревостанів та повнотою, виявлено:

- найбільші осередки всихання дерев ялини зафіксовано в деревостанах високих класів бонітетів: Іа -38%; І – 29%; ІІ – 32%; ІІІ – 1%;

- найбільші осередки всихання дерев ялини (57%) зафіксовано в мішаних ялинових типах лісу, також значна частка (43%) таких дерев знаходиться у чистих ялинових типах лісу;

- найбільше осередків всихання дерев ялини (84%) в стиглих та старовікових деревостанах (101-180 років), найменше (2%) – в молодняках та середньовікових деревостанах;

- найбільші осередки всихання дерев ялини зафіксовано в середньоповнотних деревостанах: повнотою 0,7 – 21%; 0,8 – 35%; 0,6 – 29%.

УДК 631.416.8 (477.74-25)

**Бочевар С.В.**

*Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова  
svetlanabochevar@mail.ru*

## **ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА ОДЕСИ)**

Досліджено вплив промислових підприємств та автомобільного транспорту на рівень забруднення важкими металами (ВМ) ґрунтів міста Одеса. Визначені території міста з мінімальними та максимальними концентраціями ВМ. Виявлено, що максимальним вмістом ВМ характеризуються міські ґрунти в межах спільного впливу автомобільного транспорту та промислових підприємств.

Одеса – велике промислове місто на півдні України, яке разом із супутниками утворює потужну агломерацію. На території міста розташовані найбільші морські порти, підприємства машинобудування і металообробки, хімічної і нафтохімічної, харчової і легкової промисловості та розвинений транспортний зв'язок. Основними причинами значного забруднення Одеси викидами промислових підприємств та автотранспорту є: кліматичні особливості міста, несприятлива територіально-планувальна структура, значне збільшення кількості транспортних засобів, незадовільний технічний стан автотранспорту, низька якість палива, тощо.

Для оцінки екологічного стану міського середовища, в тому числі і ґрунтового, важливим є визначення вмісту забруднюючих речовин, зокрема важких металів (ВМ). Актуальність проблеми забруднення навколишнього середовища ВМ пояснюється, перш за все, широким спектром їх дії на організм людини.

Метою роботи є дослідження впливу промислових підприємств і автомобільного транспорту на рівень забруднення ВМ ґрунтів міста Одеси.

Зразки ґрунтів відбиралися на ділянках з різними типами урбанofітоценозів: паркова зона, ботанічний сад, пришляховий газон, промислова зона. Відбір ґрунтових зразків проводився з урахуванням розташування основних забруднювачів міста. Були виділені зони найбільш схильні до впливу транспортного забруднення, промислового

забруднення та окремо виділено «чисту зону» (Ботанічний сад), як території найменш підданій техногенному впливу.

Загальновідомо, що більшість викидів у міське середовище, у тому числі токсичних речовин і матеріалів, накопичується на поверхні ґрунту. У відібраних зразках (0-10 см) в лабораторії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» м. Одеси методом атомно-абсорбційного аналізу було визначено рухомі форми наступних ВМ: Со, Сu, Zn, Pb, Cd, Hg, Mn.

Дослідження щодо вмісту розчинних форм ВМ в ґрунтах Одещини та міста Одеси представлені в таблиці 1. Фоновий вміст рухомих форм Со, Сu, Zn, Pb, Cd, Hg, Mn в сільськогосподарських ґрунтах Одещини є значно нижчим ГДК. У ґрунтах м. Одеси середній вміст досліджуваних ВМ переважно не перевищує ГДК, проте є значно вищим фонового вмісту. Незначний вміст ВМ визначено в ґрунтах Ботанічного саду та паркової зони: вміст кадмію, міді, ртуті, кобальту є нижчим фонового вмісту; вміст мангану, свинцю і цинку є дещо вищим, але не перевищує ГДК [4].

Таблиця 1

Вміст важких металів (рухомі форми) у ґрунтах Одещини та м. Одеси (середні значення)

Елемент	ГДК (рухомі форми), мг/кг	Сільськогосподарські угіддя, мг/кг	Міські ґрунти, місце відбору		
			Ботсад (контроль) мг/кг	Паркова зона, мг/кг	Зона впливу автотранспорту та промислових підприємств, мг/кг
Кобальт	5,0	0,38	0,12	0,64	3,65
Мідь	3,0	0,22	0,077	0,31	3,60
Цинк	23,0	0,44	1,45	3,63	42,48
Манган	-	33,85	39,3	75,0	86,6
Свинець	6,0	1,86	1,11	2,77	19,38
Кадмій	0,7	0,15	0,010	0,077	0,66
Ртуть	-	0,04	0,0021	0,025	0,0936

Високий вміст забруднювачів (значно вище фонового вмісту та ГДК) визначено в ґрунтах міста в межах впливу автотранспорту та промислових підприємств. Так, вміст цинку є в 100 раз вище фонового вмісту і в 2 рази вище ГДК; вміст свинцю складає 3 ГДК і сягає 19,38 мг/кг, що майже втричі вище фонового вмісту.

Отже, ґрунти міста в межах впливу викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту є дуже забрудненими. Ступінь

забруднення [за 3] дуже високим (надмірно небезпечним), що обумовлено:

- великим техногенним навантаженням міського середовища;
- нерівномірною територіальною концентрацією виробництва;
- високим вмістом викидів і відходів виробництва та автомобільного транспорту.

Значне забруднення міських ґрунтів безумовно призводить до погіршення їх екологічних властивостей і потребує постійного контролю.

\* \*

1. Ґрунтові ресурси Одеської області / Куліджанов Е. В., Голубченко В. Ф., Авчінніков В. А., Михайлюк В. І., Біланчин Я. М., Молівер М. Г. – Одеса, 2014. – 50 с.

2. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ) / під ред. Яцука І. П., Балюка С. А. – Київ, 2013. – 104с.

3. Каплина С. П. Экологическое состояние окружающей среды урбанизированных территорий / С. П. Каплина, И. З. Каманина. – Дубна, Фундаментальные исследования. – 2014. - № 6. – С. 760-764

4. Тригуб В. Міські ґрунти: ґрунтово-екологічні аспекти /В. Тригуб, Е. Куліджанов, С. Бочевар // Українська географія: сучасні виклики. Зб.наук.праць. – ДП „Прінт-Сервіс”, 2016. - Т.3. - С. 156 - 158.

УДК 66.094.2:661.723

**Кальмук С.Д., Жеребецька Л.С.**

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,  
м. Львів, Україна  
solomiya.kalmuk@gmail.com*

## **ВПЛИВ ГЕКСАХЛОРБЕНЗОЛУ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА СПОСОБИ ЙОГО УТИЛІЗАЦІЇ**

Розглянуто питання впливу галогеновмісних органічних сполук (ГОС) на організм людини та довкілля. Висвітлено метод утилізації ГОС на прикладі гексахлорбензолу (ГХБ).

Питання щодо впливу галогеновмісних органічних речовин на навколишнє середовище розглядається ще з минулого століття. У розвинених країнах практично відмовились від засобів захисту рослин та холодоагентів, до складу яких входять галогени. Ситуація з накопиченням галогеновмісних полімерних матеріалів суворо контролюється відповідними органами. На розроблення перспективних та екологічно чистих технологій знешкодження або утилізації таких сполук у розвинених країнах виділяються значні кошти.

Небезпека, пов'язана з ГОС, – це віддалені наслідки впливу на організм людини навіть незначної дози цих сполук, як чистих, так і продуктів розпаду, що утворюються під час довготривалого зберігання, потрапляння у навколишнє середовище або термічного розкладу у присутності кисню з утворенням високотоксичних сполук – поліхлордибензодіоксинів (діоксини) і поліхлордibenзофуранів. Діоксини – це суперекотоксиканти, що належать до I класу токсичності. Вони пригнічують імунітет, провокують появу злякисних пухлин, порушують репродуктивні функції, призводять до накопичення генетичних порушень, які передаються через кілька поколінь, пришвидшують старіння організму, порушують роботу ендокринної системи.

Більшу частину хлоровмісних відходів знешкоджують методом спалювання за високих температур. Позиції науковців щодо такого типу утилізації розходяться. З одного боку, незначні кількості кислих газів, фосгену та діоксинів суттєво не впливають на стан довкілля, а з іншого – використання методу високотемпературного спалювання можливе лише

за наявності більш технологічно удосконалених технологій знешкодження.

Для утилізації ГОС ми пропонуємо метод високотемпературного відновлення у середовищі, що утворюється під час газифікації вугілля водяною парою. Основна перевага даного припущення – при високотемпературному відновленні не утворюються токсичні сполуки – діоксини. У якості галогеновмісної сполуки для утилізації нами вибраний гексахлорбензол (ГХБ).

При проведенні розрахунку методом мінімізації енергії Гіббса прийняті температури в межах від 900 до 1300 °С з кроком у 100 °С та тиски від 1 до 15 бар (1, 3, 5, 10 та 15) за умови надлишку вуглецю, розходу води 20 кмоль/год та ГХБ 2 кмоль/год. В систему для розрахунку включені наступні компоненти: ГХБ, вуглець, вода, водень, оксиди вуглецю (СО та СО<sub>2</sub>), метан, хлор, хлористоводнева кислота, фосген, хлорзаміщені сполуки метану (від хлорметану до тетрахлорметану), хлорбензол.

Нами встановлено умови, за яких в продуктах утилізації з'являються високотоксичні компоненти – хлорметан, синильна кислота та аміак.

При тиску більшому, ніж 10 бар, у продуктах утилізації з'являється незначна кількість хлорметану. Синильна кислота та аміак завжди присутні у продуктах реакції.

Додатково розрахована система при надлишку реагенту водню та надлишку вуглецю при температурі 1100 °С та тиску 1 бар (умови, найбільш реальні для відтворення у реальних технічних процесах).

Основні продукти утилізації ГХБ за умов нестачі водяної пари суттєво змінюються: з'являється фосген, хлор, тетрахлорметан, ціаногенхлорид і відсутні токсичні метан, хлорметан, гідрогенціанід та аміак.

За результатами термодинамічних розрахунків, для утилізації галогеновмісної речовини, а саме гексахлорбензола, ми рекомендуємо метод високотемпературного відновлення за умов нормального або підвищеного тиску з верхньою межею 5 бар та при температурі не вище від 1425 °С із надлишком водяної пари.

\* \*

1. *Жеребецька Л.С., Кальмук С.Д., Хоха Ю.В.* Знешкодження фосфорогалогеновмісних високотоксичних органічних сполук методом високотемпературного відновлення // *Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: Сб. трудов III Межотраслевой науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов в области проектирования предприятий*

горно-металлургического комплекса, энерго- и ресурсосбережения и защиты окружающей природной среды (Харьков, 26–27 марта 2014). – Харьков, 2014. – С. 315–320.

2. Хоха Ю.В., Кальмук С.Д., Любчак О.В. Високотемпературне відновлення галогеновмісних органічних сполук в процесі газифікації вуглецю пароповітряною сумішшю // Вісник Національного Університету "Львівська Політехніка". Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – № 787. – 2014. – С. 347–352.

3. Хоха Ю.В., Кальмук С.Д. Хімічний склад продуктів високотемпературного відновлення гексахлорбензолу в процесі газифікації вугілля // Углекимический журнал. – 2013. – № 3–4. – С. 38–41.

УДК 504.3.054.001.5+504.3.064.3

**Кривошеїн О.О.***Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ  
krivoshein@uhmi.org.ua***МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО NO<sub>2</sub> В УКРАЇНІ.  
СУПУТНИКОВІ ТА НАЗЕМНІ ДАНІ**

Проведено порівняння супутникових та наземних даних динаміки NO<sub>2</sub> в містах України (Київ, Макіївка, Донецьк, Одеса). Встановлено важливість кожного з методів визначення тропосферного (наземні дані) і стратосферного (супутникові дані) діоксиду азоту. Проведено порівняльний аналіз найбільш впливових факторів навколишнього середовища на вміст NO<sub>2</sub> в тропосфері в період 2013-2014 років (Київ - транспорт, Макіївка і Донецьк - промисловість). Проведено тематичне дослідження щодо вмісту NO<sub>2</sub> в період пожежі на нафтобазі під Києвом 8-13 червня 2015 року.

Основні джерела антропогенного забруднення атмосфери оксидами азоту в Україні зосереджені в її східних регіонах, які є базою промислового потенціалу країни, а саме: підприємства металургійної, коксохімічної, вугільної та машинобудівної промисловості. Крім того, значним джерелом забруднення атмосфери діоксидом азоту є автотранспорт. Антропогенний внесок діоксиду азоту в атмосферу часто перевищує природний рівень. Це призводить до дисбалансу якості повітря і стає небезпечним для жителів великих міст та південно-східних регіонів України. Через це гостро стоїть питання щодо якісної і кількісної оцінки та прогнозування вмісту діоксиду азоту в атмосфері нашої країни. На сьогоднішній день є два методи визначення концентрації NO<sub>2</sub>: вимірювання наземними приладами та супутникові дані. Кожен з методів має свої переваги і недоліки: наземні вимірювання мають хорошу точність, але низьку щільність мережі; супутникові вимірювання можуть охоплювати велику територію з високою роздільною здатністю, але мають низьку точність через проблему відокремлення стратосферного діоксиду азоту від тропосферного. У будь-якому випадку, краще використовувати наземні і супутникові дані разом, але для оцінки та прогнозування якості нижніх шарів атмосфери акцент повинен бути



зроблений на наземних спостереженнях, як і показали результати порівняння в даній роботі.

\* \*

1. *Lauer A., M. Dameris, A. Richter, and J. P. Burrows (2002), Tropospheric NO<sub>2</sub> columns: a comparison between model and retrieved data from GOME measurements. Atmospheric Chemistry and Physics, 2, 67–78*

2. *Leue, C., M. Wenig, T. Wagner, O. Klimm, U. Platt, and B. Jane (2001), Quantitative analysis of NO<sub>x</sub> emissions from Global Ozone Monitoring Experiment Satellite Image sequences. Journal of Geophysical Research, 106(D6), 5493–5505*

3. *Richter, A., and J. P. Burrows (2002), Retrieval of tropospheric NO<sub>2</sub> from GOME measurements. Advances in Space Research 29(11), 1673–1683*

4. Сайт державної служби статистики України <http://www.ukrstat.gov.ua/>

УДК 551.5(083.74)

**Москаленко С.О.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна  
Stas\_univer@mail.ru*

## **ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВІРКИ ОДНОРІДНОСТІ РЯДІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ РЕПЕРНИХ КЛІМАТИЧНИХ СТАНЦІЙ**

Використання рядів метеорологічних елементів для моніторингу клімату вимагає більш ретельної кількісної перевірки однорідності рядів спостережень і особливу увагу необхідно звертати на реперні кліматичні станції (РКС). В роботі приведені особливості виявлення «повзучої» неоднорідності у рядах метеорологічних величин таких станцій.

Реперні кліматичні станції (РКС) – це метеорологічні станції постійної дії з безперервним рядом спостережень не меншим ніж 30 років, які призначені для встановлення вікових тенденцій змінювання клімату на освітлюваній ними території, а також для виявлення неоднорідності рядів спостережень на станціях основної мережі внаслідок або змінення умов місцевості навколо станції, або перенесення станції. Звичайно РКС розташовані в місцях, де зміни навколишнього середовища, викликані діяльністю людини, мінімальні.

Виявлення «повзучої» неоднорідності у рядах метеорологічних елементів полягає у встановленні зміни рівня ряду та його значущості. При цьому аналізують ряди різниць або відношень метеорологічного елемента виміряної на РКС (міській станції) та найближчої до неї метеорологічної станції, розташованої поза даним містом. За наявності «повзучої» неоднорідності в хронологічному ряду метеорологічної величини повинні спостерігатися декілька порівняно невеликих, але зростаючих чи спадаючих за значеннями однорідних ділянок послідовності досліджуваної характеристики [1, 2].

Вихідними даними можуть бути середньомісячні значення температури повітря, тиску водяної пари, швидкості вітру, опадів.

В загальному при дослідженні наявності "повзучої" неоднорідності у рядах метеорологічних елементів можна виділити 2 головних етапи: 1) визначення зміни рівня ряду різниць або відношень метеорологічного

елементу в часовому перебігу. Із цією метою у ряду виділяються нерівні проміжки, у межах яких процес зміни різниць або відношень у часі можна вважати однорідним. 2) визначення наскільки різкі зміни різниць або відношень метеорологічного елементу між однорідними ділянками, що помічені, статистично значимі.

На першому етапі члени хронологічного ряду різниць або відношень метеорологічного елементу пронумеровуються від 1 до  $N$  і весь діапазон цих значень розбивається на рівні за величиною градації. Для визначення оптимальної кількості градацій  $n_x$ , на яку розбивається діапазон значень різниць або відношень, використовується формула  $n_x = \sqrt{N}$ , де  $N$  – загальний об'єм досліджуваного хронологічного ряду [2].

Знаючи амплітуду змін різниць або відношень досліджуваних рядів двох метеостанцій, виділяємо їх межі для кожної градації. При цьому в кожній градації, крім кількості випадків попадання в дану градацію, вказуємо в хронологічному порядку самі значення різниць або відношень метеорологічного елементу, що потрапили в градацію, які потім замінюємо на відповідні їм номери. Таким чином, у кожній градації одержимо групу номерів значень ряду, які відповідають значенням різниць або відношень метеорологічного елементу. Потім у кожній градації обчислюють відстані між сусідніми номерами значень ряду ( $\Delta N$ ), як різниці між номерами даної градації. Відлік таких різниць-відстаней у кожній градації починається від першого номера так, що перша відстань в кожній градації є різницею між номером  $N=1$  і першим номером, що потрапив у дану градацію. Остання відстань в кожній градації також обчислюється між останнім номером всієї сукупності різниць або відношень й останнім номером даної градації. Якщо виявляється, що два сусідніх номери в даній градації віддалені далеко один від одного і відстань між ними більше деякого критичного значення, то це дає підставу вважати, що вони належать до двох різних стаціонарних ділянок. Ці відстані не повинні бути занадто великими.

Критичні значення різниць або відношень  $\Delta_{кр}$  розраховують для кожної градації за формулою:

$$\Delta_{кр} = \frac{\lambda_{кр} \cdot N_K}{m_K},$$

де  $N_K$  – останній номер градації;  $m_K$  – кількість випадків у градації;  $\lambda_{кр}$  – статистика Колмогорова, яка при ординаті ймовірності перевищення 0,999 (в частках від одиниці) дорівнює 0,33 і приймається як константа в розрахунках.

Визначивши для кожної градації критичні значення  $\Delta_{кр}$ , виписуються пари номерів для кожної градації, відстані між якими перевищують критичні значення. Далі розглядають пару номерів з найменшим номером ліворуч і вибирають пари номерів з інших градацій, номери ліворуч яких не перевищують значення праворуч у даній градації, тобто вибирають пари, що перетинають дану. Із всіх номерів праворуч пар, що перетинають дану, вибирають найменший номер року, у якому спостерігалася перша зміна рівня ряду. Тим самим цим номером закінчується перша однорідна частина ряду. Потім вибирається наступна найближча до цієї частини ряду пара номерів і до неї підбираються пари, що її перетинають. Таким чином, виявляється другий номер, де змінюється рівень ряду (межа другої однорідної частини). Ця процедура повторюється доти, поки не буде вичерпаний весь ряд.

Осереднюючи значення різниць або відношень однорідних частин ряду одержимо східчасту функцію їх змін, за якою встановлюється наявність чи відсутність "повзучої" неоднорідності в хронологічному ряду метеорологічної величини. Якщо вона присутня, то повинні спостерігатися декілька порівняно невеликих, але зростаючих чи спадаючих за значеннями однорідних ділянок послідовності досліджуваної характеристики.

На другому етапі проводиться підтвердження наявності «повзучої» неоднорідності. Для цього перевіряється додатково статистична значущість найбільш різких змін різниць або відношень метеорологічного елементу, що присутні у східчастій функції за допомогою відомого параметричного критерію Стьюдента  $t$  [1, 3]. Порівнюючи значення розрахованої статистики  $t$  з теоретичним  $t_{кр}$ , оцінюємо значимість найбільших змін різниць або відношень, що присутні у східчастій функції.

\* \*

1. Методические указания управлениям гидрометеорологической службы по оценке репрезентативности реперных станций та их дублеров. – Л. – 1978. – с. 8-22.

2. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный В.П. Климатология. – Л.: Гидрометеоздат. – 1967. – С. 33-43.

3. Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии (переклад с английского И.П. Гейбера и В.А. Шмайдемана). – Л.: Гидрометеоздат – 1967. – с. 57-76.

УДК 556.324+556.322+624.131.63

**Сапрыкин В.Ю.<sup>1</sup>, Рыбин В.Ф.<sup>2</sup>, Скальский А.С.<sup>3</sup>,  
Куциба В.А.<sup>4</sup>, Молочкова Н.Н.<sup>5</sup>**

<sup>1-4</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев.  
VladimirSaprykin@ukr.net*

<sup>5</sup> *Национальный заповедник «София Киевская», Киев.  
sophia\_nauka@ukr.net*

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ АНСАМБЛЯ СООРУЖЕНИЙ СОФИЙСКОГО СОБОРА**

Комплексная система гидрогеологического мониторинга территории ансамбля сооружений Софийского собора функционирует с 2001 г. За период наблюдений в зоне охраны ансамбля сооружений Софийского собора неоднократно имели место потери из водонесущих подземных коммуникаций. ИГН НАН Украины разработаны рекомендации относительно предупреждения ухудшения состояния архитектурных памятников вследствие негативных изменений гидрогеологического режима территории Ансамбля.

С 2001 г. Институт геологических наук (ИГН) НАН Украины осуществляет комплексный гидрогеологический мониторинг территории архитектурного ансамбля Софийского собора, в частности, осуществляется наблюдение за гидрогеологическим режимом подземных вод, влажностью грунтов, метеорологическими условиями, моделирование и прогноз развития гидрогеологической ситуации, разработка мероприятий для предотвращения опасных ситуаций.

Мониторинговая сеть состоит из 12 режимных скважин для наблюдений за уровнями грунтовых вод (УГВ) и 3 гидрофизических постов для наблюдений за объемным влагосодержанием грунтов зоны аэрации (всего в разные годы оборудовалось и функционировало 9 таких постов), а так же автоматизированной метеостанции (рис. 1).

На сегодняшний день, вызывает опасение увеличение объемного влагосодержания лессовидных суглинков на глубине 10-11 м у северной и южной сторон Колокольни до 42-52%. В случае полного насыщения суглинков влагой просадочные лессовидные супеси, залегающие выше, могут оказаться под угрозой переувлажнения и последующего проседания.

На территории ансамбля сооружений Софийского собора грунтовой водоносный горизонт залегает в четвертичных флювиогляциальных и

моренных отложениях на отметках 177-171 м БСВ. Глубина залегания грунтовых вод изменяется в интервале от 11 до 17 м, глубины возрастают с севера на юг территории Ансамбля.

Режим грунтовых вод формируется под влиянием природных и техногенных факторов. К последним относятся утечки из водонесущих коммуникаций, барражный эффект от вновь построенных вблизи заповедника зданий и затрудненный поверхностный сток воды перед стенами отдельных зданий и ограждений. На схеме гидроизогипс 2014 г. (рис. 1) движение подземных вод наблюдается с запада на восток к Софийской площади.

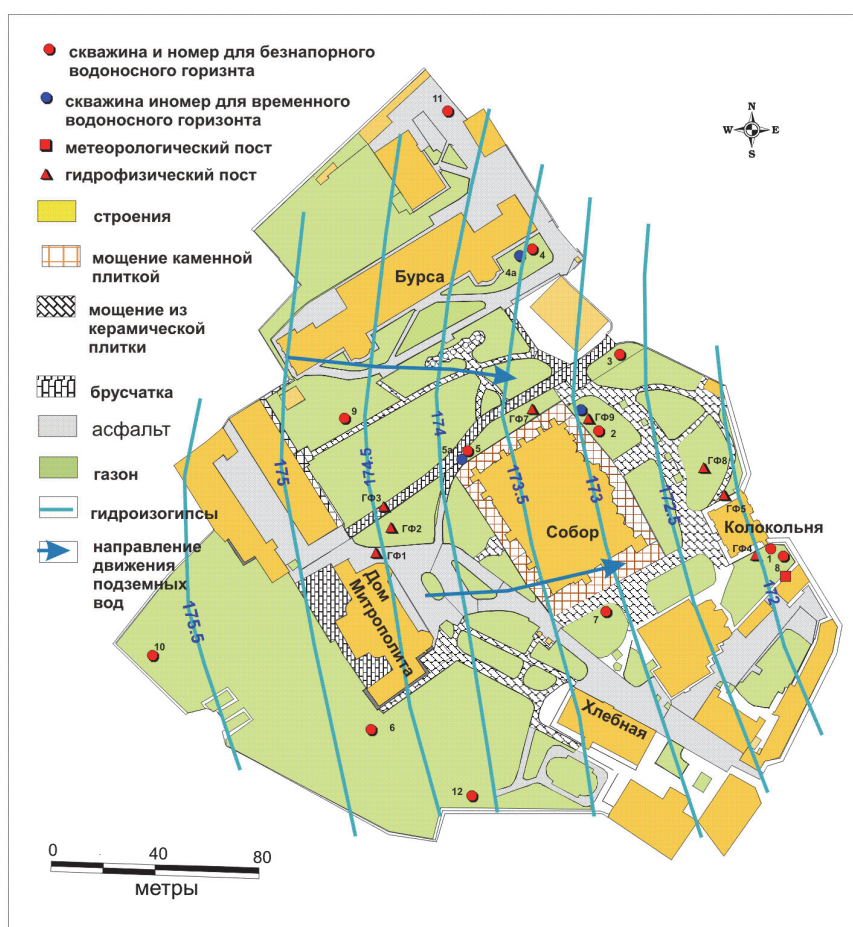


Рис. 1. Схема гидрогеологической сети и распределение уровней грунтовых вод на территории ансамбля сооружений Софийского собора, 2014 год.

Начиная с 2006 г. на гидрогеологический режим территории ансамбля сооружений Софийского собора неоднократно влияли утечки из водонесущих коммуникаций, что проявлялось в повышении УГВ до 2.6 м за 3-4 месяца.

Стоит отметить, что в годы, когда УГВ достигали своих максимальных отметок (2006, 2009-2010, 2013-2014 гг.) они находились ниже подошвы слоя лессовидных супесей всего на 1.5-3.5 м. В случае сочетания негативных природных и техногенных факторов быстрое повышение УГВ на протяжении несколько лет может привести к замачиванию лессового просадочного слоя и к неравномерным осадкам зданий.

## Выводы

Утечки из водонесущих коммуникаций, расположенных вокруг территории заповедника, могут представлять одну из главных угроз для безопасности архитектурных памятников. Для предупреждения процессов, угрожающих сохранности архитектурных памятников территории ансамбля сооружений Софийского собора рекомендуется:

1) систему гидрогеологического мониторинга преобразовать и расширить на всю зону охраны Ансамбля, устаревшее оборудование и датчики заменить;

3) должен осуществляться контроль режима грунтовых вод в пределах зоны охраны Ансамбля;

4) следует регламентировать работу водонесущих коммуникаций в буферной зоне заповедника, а так же ограничить полив газонов на его территории;

5) в охранной зоне заповедника следует ограничить строительство новых зданий и сооружений, которые могут негативно влиять на гидрогеологический режим территории;

6) необходимо обосновать гидротехнические мероприятия, позволяющие снизить уровни подземных вод и влажности грунтов на территории Софии Киевской [Рыбин и др., 2015];

7) система ливнестоков и поверхностного дренажа на территории Заповедника нуждается в ревизии и комплексном ремонте.

\* \*

*Рыбин В.Ф., Скальский А.С., Молочкова Н.Н.* Проблемы инженерной защиты территории Национального заповедника «София Киевская» от подтопления. Софійські читання. Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «До 90-річчя від дня народження відомого дослідника пам'яток Національного заповідника «Софія Київська», д.і.н. Сергія Олександровича Висоцького». – К., 2015. – 498 с.

УДК 550.832+634.12

**Стахів І.Р.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ННІ «Інститут геології», м. Київ, Україна  
fatix@ukr.net*

## **МАГНІТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТІВ ОДЕСИ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ЇХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

Досліджено магнітні параметри та вмісти важких металів у ґрунтах, відібраних у 98 точках м. Одеси. Згідно з отриманими даними, значення низькочастотної магнітної сприйнятливості змінюються від 44 до  $624 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Виявлено значущі кореляційні зв'язки між низькочастотною магнітною сприйнятливістю ґрунтів та вмістом міді, кадмію, цинку та свинцю. Показано, що акумуляція техногенних магнітних сполук заліза і важких металів у ґрунтах Одеси відбувається, в основному, за рахунок автомобільного транспорту.

Проблема забруднення ґрунтів важкими металами протягом останніх десятиліть набуває особливої актуальності в умовах зростання масштабів техногенезу. Щорічно до повітряних басейнів міст із викидами транспорту та промислових підприємств надходять шкідливі речовини, які осідають на ґрунтовому покриві міст [1].

Останнім часом зростає популярність використання магнітних досліджень для виявлення важких металів у ґрунтах міст, які потрапляють туди внаслідок впливу викидів автотранспорту та промислових підприємств. Місто Одеса є техногенним регіоном, у якому навколишнє середовище (особливо ґрунти) зазнають суттєвих змін під впливом техногенезу, що доводить актуальність оперативної оцінки екологічного стану ґрунтів території.

Метою роботи було дослідження низькочастотної магнітної сприйнятливості, вмісту важких металів (Cd, Mn, Cu, Ni, Pb і Zn) у ґрунтах м. Одеси та встановлення кореляційних зв'язків між ними.

Відбір зразків ґрунтів проводився Центральною геофізичною обсерваторією ДСНС України (ЦГО) із 98 пунктів у різних районах м. Одеси. Лабораторні вимірювання концентрацій важких металів у пробах проведені ЦГО. Низькочастотна магнітна сприйнятливість  $k_f$  та її частотна залежність ( $k_{fd}$ ) виміряна на приладі Bartington MS2 з датчиком MS2B Dual Frequency Sensor (Великобританія).



Дослідження кореляційних зв'язків у ґрунтах м. Одеси проведено за допомогою програмного комплексу Statistica 7.0.

Низькочастотна магнітна сприйнятливість  $\chi_{LF}$  ґрунтів міста змінюється від 44 до  $624 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  при середньому значенні  $167 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Фоновим значенням для південних чорноземів Одеси є  $\chi_{LF} \sim 100 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . В досліджуваних зразках тільки 16 виявлено з значеннями, близькими до фонових.  $K_{fd}$  поверхневих відкладів Одеси становить 0,1–10,6 % при середньому значенні 4,3 %.

Аналіз розподілу вмісту важких металів у ґрунтах м. Одеси виявив наступне.

Середній валовий вміст  $\text{Cu}$  у ґрунтах досліджуваної території становить 66,4 мг/кг, а фонове значення 16 мг/кг [4], тобто спостерігається перевищення фонового значення у 4 рази. Регіональний фон свинцю у поверхневих відкладах м. Одеси – 11 мг/кг [4]. Середній валовий вміст свинцю становить 68,4 мг/кг, що перевищує фонове значення у 6 разів. Фоновий вміст цинку становить 86 мг/кг [4]. Середній вміст цинку становить 219 мг/кг, що перевищує фонове значення у 2.5 рази. Вмісти кадмію, марганцю та нікелю у ґрунтах м. Одеси близькі до фонових значень.

Результати кореляційних зв'язків між магнітними характеристиками та вмістами важких металів у ґрунтах м. Одеси представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Матриця кореляцій магнітних характеристик та вмістів важких металів у ґрунтах м. Одеси

	$\chi_{LF}$	$K_{fd}$	кадмій	марганець	мідь	нікель	свинець
$K_{fd}, \%$	<b>-0,58</b>						
кадмій	<b>0,35</b>	-0,24					
марганець	-0,08	0,15	-0,23				
мідь	<b>0,47</b>	-0,40	0,25	0,02			
нікель	-0,14	0,18	-0,09	<b>0,61</b>	-0,09		
свинець	<b>0,28</b>	-0,23	0,28	-0,26	<b>0,47</b>	-0,14	
цинк	<b>0,34</b>	-0,35	0,29	-0,22	<b>0,46</b>	-0,14	<b>0,63</b>

Рівень значущості  $p < 0,01$ ; кількість зразків – 98.

Значущі коефіцієнти кореляції, при рівні значущості  $p < 0,01$ , спостерігаються між низькочастотною магнітною сприйнятливістю та  $K_{fd}$

(-0,58), міддю (0,47), кадмієм (0,35), цинком (0,34) та свинцем (0,28); слабкі кореляції із Mn та Ni показали, що елементи не є забруднювачами.

Позитивну кореляцію між  $\chi_{LF}$  та асоціацією елементів Cu, Cd, Zn і Pb можна трактувати як транспортне забруднення за висновками авторів [2,3].

\* \*

1. *Старченков І. В., Карпінський О. Ю.* Вдосконалення структурної моделі розсіювання шкідливих викидів в атмосфері // Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. – К. – 2009.

2. *Lu, S.G., Bai, S.Q., Cai, J.B., Xu, C.* Magnetic properties and heavy metal contents of automobile emission particulates // *J. Zhejiang Uni. Sci.* – 2005. – 6 (B). – P. 731-735.

3. *Lu S.G., Bai S.Q., Xu, Q.F.* Magnetic properties as indicators of heavy metals pollution in urban topsoil: a case study from the city of Luoyang, China // *Geophys. J. Int.* – 2007. – 171. – P. 568-580.

4. *Фатєєв А.І., Пащенко Я.В.* Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України Харків: Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського", 2003. — 72 с.

Автор вдячна колективу Центральної геофізичної обсерваторії ДСНС і особисто зав. лабораторії спостережень за забрудненням ґрунтів і моніторингу Дівніч Т.Ф. та провідному хіміку Король А.А. за сприяння у проведенні досліджень (за надані матеріали по вмісту важких металів у ґрунтах м. Одеси).

УДК 504.06

**Приходько В.Ю.**

*Одеський державний екологічний університет  
vks26@ua.fm*

## **КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЙ**

В роботі представлений підхід до оцінки стану довкілля рекреаційних територій на основі вивчення компонентів моделі «вплив – стан – реакція» з урахуванням природних особливостей та господарського використання таких територій.

Відомо, що екологічна ситуація в межах певної території формується під впливом господарської діяльності та в умовах певного стану довкілля та його «опірної» здатності до техногенного впливу. Модель формування екологічної ситуації «вплив – стан – реакція» передбачає наявність третьої складової – реакції – тобто можливість впливу на перші дві складові. В результаті загальний стан такої системи змінюється, отже, змінюється і стан довкілля. Комплексні дослідження передбачають вивчення та оцінку окремих компонентів кожного блоку моделі: антропогенних факторів («вплив»), геокомпонентів («стан») та елементів природокористування («реакція»).

Для комплексного дослідження стану довкілля необхідно охарактеризувати такі компоненти, що у цьому випадку виступають в якості індикаторів – параметрів або характеристик, на підставі яких можна судити про стан або зміну певного явища або процесу вищого рівня. Отже, виділяємо три групи екоіндикаторів: індикатори антропогенного впливу, індикатори стану довкілля, індикатори реакції суб'єктів управління екологічною ситуацією. Набір індикаторів у кожній групі залежить від специфіки об'єкту дослідження. В нашому випадку розглядається рекреаційна територія як природно-технічна система локального рівня територіальної організації, але її цільове призначення дозволяє реалізовувати в її межах конкретні управлінські рішення [1].

Розроблена система екоіндикаторів для рекреаційної території представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Набір екоіндикаторів для комплексного дослідження стану довкілля рекреаційних територій

ВПЛИВ	СТАН	РЕАКЦІЯ
<ul style="list-style-type: none"> <li>– вплив стаціонарних джерел забруднення (за наявності);</li> <li>– емісія ЗР від пересувних джерел;</li> <li>– утворення та збір ТПВ;</li> <li>– рекреаційне навантаження (рекреантами та інфраструктурою);</li> <li>– використання природних рекреаційних ресурсів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– якість атмосферного повітря;</li> <li>– рівень фізичного забруднення;</li> <li>– якість питної води;</li> <li>– якість води водних об'єктів;</li> <li>– якість ґрунтового покриву;</li> <li>– рівень озеленення території;</li> <li>– екологічні проблеми, пов'язані з використанням певних природних ресурсів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– заходи по зниженню техногенного навантаження;</li> <li>– система поводження з ТПВ;</li> <li>– очищення СВ;</li> <li>– заходи щодо благоустрою та озеленення території;</li> <li>– розвиток зеленого туризму;</li> <li>– заходи щодо обмеження господарської діяльності та охорони довкілля</li> </ul>

Але комплексні дослідження стану довкілля рекреаційних територій передбачають не тільки характеристику екоіндикаторів, але і їх оцінку – визначення рангу пріоритетності. Для цього зручно використовувати 5-тибальну шкалу, де «5» оцінюється найгірша ситуація, а «0» використовується для оцінки найкращого стану. Визначаючи ранг пріоритетності для кожного індикатора, можна отримати індекс для групи – середнє значення рангу пріоритетності. Індекс групи екоіндикаторів може бути якісно охарактеризований [1].

З використанням набору екоіндикаторів (табл. 1), нами виконане комплексне дослідження стану довкілля на території смт. Затока (Одеська область), яке розташоване на Дністровському пересипу і є одним з провідних рекреаційних центрів півдня України. Вихідною інформацією для складання характеристик екоіндикаторів є офіційна статистична та екологічна інформація, а також результати окремих досліджень автора з оцінки якості атмосферного повітря, води Дністровського лиману та підземних вод, стану ґрунтового покриву тощо [2]. В результаті отримуємо такі значення індексів: для індикаторів антропогенного впливу – 2,5 (середній рівень антропогенного навантаження); для індикаторів

стану довкілля – 1,6 (добрий стан); для індикаторів реакції суб'єктів управління екологічною ситуацією – 2,4 (рішення проблем та стабілізація стану).

\* \*

1. *Приходько В.Ю.* Комплексная оценка состояния окружающей природной среды и экологической ситуации на основе экоиндикаторов // Вопросы географии и геоэкологии. – 2015. – № 3. – С. 29-37.

2. *Приходько В.Ю.* Якість довкілля як показник рекреаційної привабливості території // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів». – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 151-153.

УДК. 528.88+574.5

**Томченко О.В.**

*ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України",  
Київ, Україна  
tomch@i.ua*

## **КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

Проведено моніторинг стану водосховищ Дніпровського каскаду на прикладі верхів'я Київського водосховища. На основі поєднання матеріалів тематичного дешифрування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та наземних спостережень Державної гідрометеорологічної служби (гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних показників) отримані результати екологічного стану водойми за період з 1985 по 2015 рр.

Оцінити динаміку змін, що відбуваються у водоймах, досліджувати ретроспективу процесів та сучасний екологічний стан можливо тільки на основі систематичного дистанційного аерокосмічного зондування Землі у поєднанні з наземними вимірами. Основними перевагами використання космічних знімків є: одночасне охоплення значної площі акваторії та певного часового проміжку, безперервність інформаційного змісту знімка для кожної точки зображення, висока періодичність реєстрації даних аналізу.

Для аналізу стану водно-болотних угідь (ВБУ) верхів'я Київського водосховища було використано мультиспектральні космічні знімки Landsat 5,7,8 з 1985 по 2015 рік з кінця червня до початку вересня - періоду максимального розвитку угруповань вищої водної рослинності. В ході тематичного дешифрування яких було отримано ряд тематичних карт відповідно до завдань дослідження (рис.1) [1-4]. Однак, визначення багатьох характеристик (наприклад, кількісного і якісного складу завислих і забруднюючих речовин у воді, видового різноманіття окремих гідробіонтів, деталізація структури фіто- і зооугруповань, особливо занурених у товщу води) допоки недоступні засобам космічної інформації і неможливі без наземних досліджень [5].

Популярність використання космічних знімків ніяким чином не применшує роль наземних досліджень. При цьому, ми можемо із використанням сучасних розробок ДЗЗ розширювати діапазон

тематичного картографування стану водойм, та все ж валідацію та верифікацію отриманих карт необхідно робити тільки на основі наземних вимірів. Такий підхід при використанні інтегральних інформативних показників відкриває нові можливості для виявлення загальних тенденцій змін, що відбуваються у екосистемах, може скласти основу комплексного моніторингу водойм та їх водозборів на якісно новому рівні і слугувати базою розробки екологічно дружніх методів господарювання.

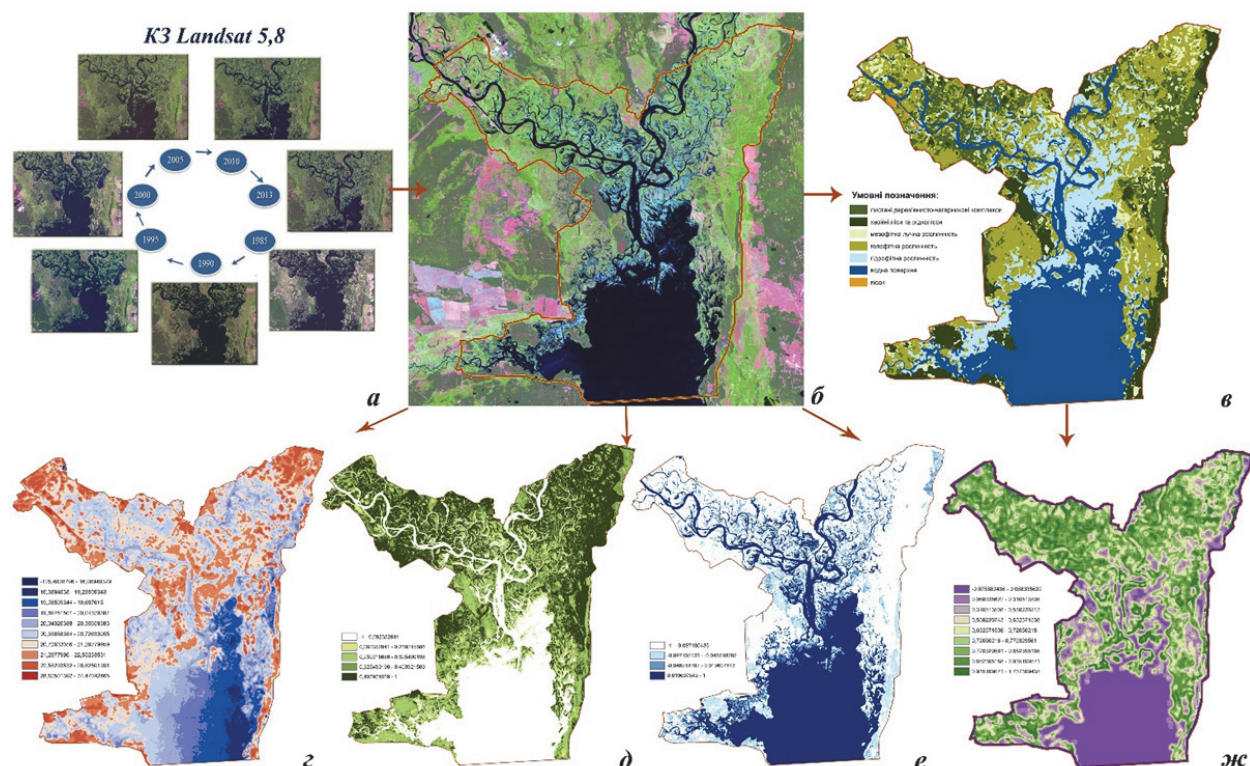


Рис. 1. Напрямки дешифрування космічних знімків ВБУ Київського водосховища: *а* – ретроспективний ряд космічних знімків Landsat з 1985 по 2015 рік; *б* – фрагмент космічного знімку Landsat 8 (дата зйомки 28.08.2015); *в* – карта біотопів ВБУ Київського водосховища; *г* – карта розподілу значень температур поверхні водойми; *д* – карта розподілу значень нормалізованого вегетатійного індексу (NDVI); *е* – карта розподілу значень нормалізованого водного індексу (NWI); *ж* – карта розподілу значень індексу Сімпсона (SIEI), як показника ландшафтного різноманіття території

Прогнозна оцінка стану ВБУ верхів'я Київського водосховища до 2023 р., виконана з урахуванням різних факторів, показала чіткі тенденції щодо подальшої трансформації основних типів біотопів в бік зростання

площ зарослих мілководь і заболочених територій, що сприятиме подальшому покращенню якості води та посиленню біоресурсного потенціалу водойми.

\* \*

1. *Томченко О.В.* Обґрунтування методів системного аналізу стану водно-болотних угідь з використанням даних дистанційного зондування Землі і наземних спостережень (на прикладі верхів'я Київського водосховища): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техніч. наук: спец. 05.07.12 "Дистанційні аерокосмічні дослідження". – К., 2015. – 22 с.

2. *Томченко О. В.* Використання космічної інформації ДЗЗ та наземних спостережень для комплексної оцінки екосистемних послуг Київського водосховища на основі методу аналізу ієрархій // Космічна наука і технологія. – 2014. – Т. 20. № 5(90). – С. 41–49.

3. *Зуб Л.М., Томченко О.В.* Использование космической информации ДЗЗ для изучения зарастания крупного равнинного водохранилища // Гидробиотаника 2015: материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием по водным макрофитам, п. Борок, 16 – 20 октября 2015 г. / Федер. агентство науч. орг. России, РАН, ФГБУН Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН ; [на-уч. ред. А. Г. Лапиров, Д. А. Филиппов, Э. В. Гарин]. – Ярославль: Филигрань, 2015. – С.120-123.

4. *Томченко О.В., Соколовська А.В., Федоровський О.Д.* Моделювання екологічного стану антропогенних ландшафтів на основі космічного геомоніторингу // Геоінформатика. – Київ: Карбон ЛТД, 2015. – № 1(53). – С. 77–84.

5. *Зуб Л. М.* Еколого-ценотичний аналіз та ландшафтна типізація рослинного покриву мілководь Дніпровських водоймищ (в умовах режиму, що сформувався): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". – К., 1994. – 16 с.



УДК 528.88:504.064

**Хижняк А.В.**

*Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі  
ІГН НАН України», Київ  
AVSokolovska@i.ua*

**МОНІТОРИНГ АНТРОПОГЕННО ЗМІНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ  
НА ОСНОВІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ  
МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ  
ЯК МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ НАУКОВИЙ НАПРЯМ**

Обґрунтовується доцільність комплексування даних з різних наукових напрямків для моніторингу антропогенно змінених територій. Розроблено методику оцінки стану міських територій, на основі даних ДЗЗ і наземної інформації з використанням методів системного аналізу, та проведено її апробацію на прикладі дослідження районів міста Києва з врахуванням трьох сфер життя: екологічної, економічної та соціальної.

Використання аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі дає можливість забезпечити об'єктивну і достовірну інформацію щодо екологічних умов, властивостей та стану досліджуваних територій, просторової структури природно-територіальних комплексів, їхньої динаміки, в тому числі сприяє накопиченню даних для створення та розроблення системи моніторингу антропогенно змінених територій [1].

Рішення тематичних завдань природокористування на основі дистанційних аерокосмічних досліджень, як правило, неможливо без залучення даних з суміжних наукових дисциплін. По суті, це міждисциплінарний науковий підхід, актуальність використання якого особливо очевидна, коли необхідно враховувати безліч взаємопов'язаних факторів різної фізичної природи, фактично інтегруючи результати досліджень, які отримані з різних галузей знань.

Методи й моделі системного аналізу в технології використання матеріалів аерокосмічної зйомки при вирішенні задач моніторингу та природокористування сприяють розширенню функціональних можливостей космічного моніторингу і створюють методичну основу для формування нового науково-методичного напрямку вирішення

завдань природокористування – інтеграції наукових результатів, отриманих у суміжних наукових дисциплінах [2].

За допомогою методів системного аналізу обґрунтовують найбільш раціональні математичні моделі використання космічної інформації, моделюють та прогнозують розвиток процесів, що досліджуються.

В якості прикладу розглянемо розроблену методику по вирішенню задачі детальної оцінки районів міста Києва з врахуванням трьох сфер життя (екологічної, економічної та соціальної) на основі комплексування космічної інформації дистанційного зондування Землі (КІ ДЗЗ) та наземних статистичних даних за допомогою методу аналітичних мереж [3].

Розроблення методики обумовлено тим, що використання даних ДЗЗ забезпечує комплексний моніторинг великих територій, проте обов'язковою умовою ефективного дешифрування аерокосмічних даних виступає комплексне використання даних наземних досліджень. Тому інтеграція наземних спостережень і використання даних ДЗЗ є важливою складовою ефективного застосування аерокосмічних методів у дослідженнях антропогенно змінених територій.

Наземні спостереження це своєрідний цілісний комплекс характеристик. Тому на першому етапі проводиться огляд, систематизація і обробка всіх можливих наземних статистичних даних.

Далі проводиться систематизація космічних знімків та їх дешифрування за досліджуваній період для отримання детальної інформації про зміни, що відбулися на території, такі як: оцінка стану рослинності, забудованої частини, геологічної структури, температури поверхні тощо.

На заключному етапі за результатами комплексних міждисциплінарних досліджень на основі методу аналітичних мереж будується модель детальної оцінки та всебічного аналізу з урахуванням вигоди, витрат і ризиків, що виникають на досліджуваній території, на основі комплексування даних ДЗЗ та наземної статистики (рис.1).

Отже, розглянутий в даній доповіді приклад оцінки та моніторингу території міста Києва, виконані із залученням знань із екології, економіки, геології, гідрології, іконіки, тощо на основі системного аналізу в послідовності відповідних складових: методичної (визначення необхідних наукових дисциплін), організаційної (вибір виконавців) і інформаційної (інтегральна оцінка й передача даних для подальшого прийняття рішень в

конкретно поставлених задачах) наочно показали доцільність розроблення методики для моніторингу антропогенно змінених територій на основі дистанційних аерокосмічних досліджень та методів системного аналізу.

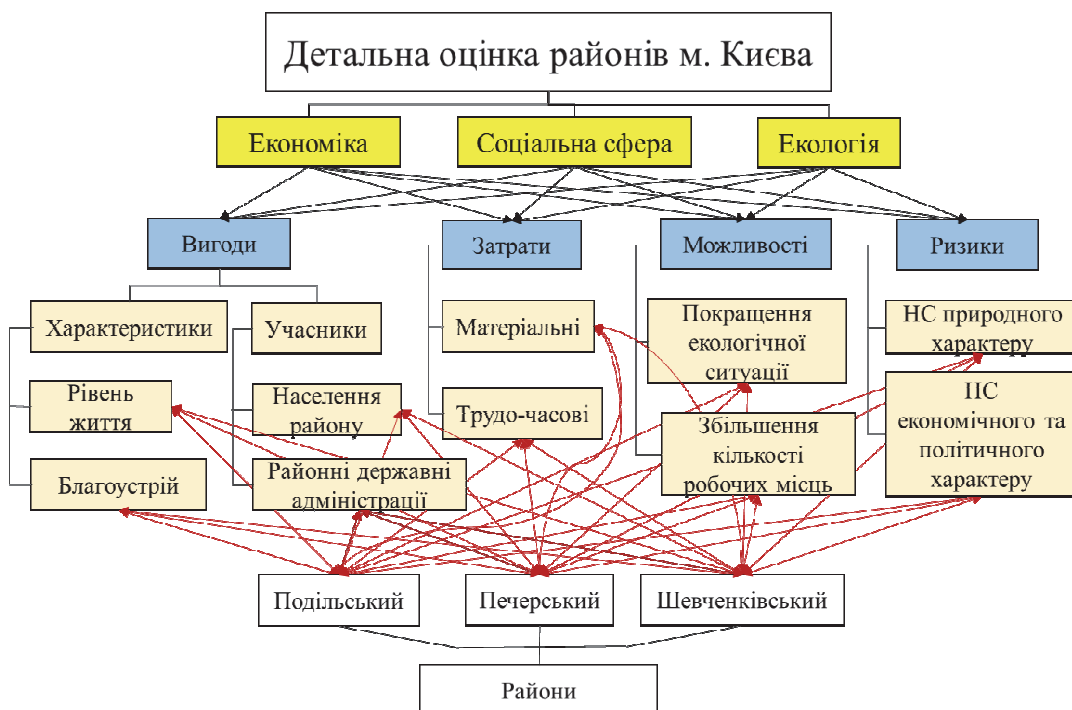


Рис. 1. Модель детальної оцінки полів озимої пшениці на основі методу аналітичних мереж

\* \*

1. Лялько В. И., Федоровский А. Д., Попов М. А. и др. Использование данных спутниковой съемки для изучения природоресурсных проблем // Космічні дослідження в Україні. – Київ. – 2004. – С. 7–14.

2. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Соколовская А. В. Методы системного анализа и модели решения задач рационального природопользования и экологии на основе материалов космической съемки и наземных наблюдений (по материалам работ отдела системного анализа ЦАКИЗ ИГН НАН Украины) // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2014. – №3. – С. 4–24. Режим доступу: <http://ujrs.org.ua/ujrs/issue/view/3>

3. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. // Науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ. – 2008. – 360 с.

УДК 551.515.9

**Івус Г.П., Хоменко Г.В., Косолапова Н.І.**

*Одеський державний екологічний університет  
nelj11072004@rambler.ru*

## **КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ЛІТНІХ АТМОСФЕРНИХ ФРОНТІВ НАД УКРАЇНОЮ**

Оскільки при прогнозуванні погоди головна увага приділяється небезпечним та стихійним явищам, які часто обумовлюються проходженням атмосферних фронтів, важливо визначити найбільш інтенсивні ділянки останніх, де погіршення погодних умов є найімовірнішим.

В теперішній час в синоптичній практиці багатьох країн для більш об'єктивного аналізу атмосферних процесів використовуються різні кількісні характеристики, однією з яких є так званий фронтальний параметр. Існує декілька видів цієї величини: параметр  $\Psi$  – характеристика бароклінності нижньої половини тропосфери [4, 8], параметр  $P$ , який описує циклонічність поля тиску, комбінований параметр  $F = \Psi + P$  [5] і термічний параметр ТФП [3]. В дослідженнях [5, 6] автори показали, що параметри  $\Psi$  і  $F$  дозволяють виділити найбільш інтенсивні ділянки фронтів, з якими пов'язані опади. Отримані критичні значення цих параметрів (відповідно 5 і 20 од.). Так в бароклінних зонах, де  $\Psi$  перевищує 5 од., опади спостерігаються в 60% випадків [5]. В роботі [7] параметр  $\Psi$  використано в якості одного із предикторів при прогнозі сильного вітру та шквалів. В дослідженнях [2, 3] зроблена спроба виявити зв'язок між параметром  $\Psi$  і небезпечним вітром (10 м/с та більше) в осінньо-зимовий період.

Мета даної роботи полягає у визначенні міри зв'язку параметра  $\Psi$  з кількістю опадів та швидкістю вітру в літній період. Відповідно до методики дослідження розраховані поля фронтального параметра  $\Psi$  за алгоритмом [5] і виконано сумісний аналіз полів  $\Psi$ , добових опадів, синоптичних карт, штормових повідомлень про вітер та радіозондів для окремих пунктів України.

Розглянуто дві ситуації: 01.06.12 р., коли система фронтів проходила через глибоку улоговину над Західною Європою та гребінь над Чорноморським басейном і європейською Росією; в другому випадку (26.06.12 р.) фронти пов'язані з циклоном над Скандинавією.

В ситуації, що відбувалася 01.06.2012 р., погодні умови в Україні були пов'язані з проходженням полярного фронту. Аналіз полів фронтального параметра вітру та опадів показав, що посилення вітру до 10-19 м/с та грози спостерігалися в бароклінній зоні теплового фронту, де параметр  $\Psi$  набував значень від 2 до 10 од., а поблизу лінії фронту досягав 25 од. Саме у вузькій зоні поблизу фронту добова кількість опадів в більшості пунктів складає 8-10 мм. Тобто підтверджуються висновки, що отримані в роботах [5, 6], згідно з якими більшим значенням  $\Psi$  відповідають більш інтенсивні опади.

В роботі [1] показано, що на формування небезпечних явищ погоди на території України суттєво впливає конвекція. Оскільки в розвитку конвективних рухів основну роль відіграє доступна потенціальна енергія CAPE, в роботі проаналізовано нічні радіозонди за 1 червня для станцій: Одеса, Чернівці, Київ. Які показали слабку нестійкість в районі Чернівців, де CAPE дорівнює 48 Дж/кг, та її відсутність в інших пунктах.

Таким чином, посилення вітру в нічні часи в окремих районах України та значні опади поблизу лінії фронту обумовлені, перш за все, значною бароклінністю, інтенсивність якої досягає в полі параметра  $\Psi$  25 од.

В ситуації, яка відбувалася 26.06.2012 р., погодні умови на території України визначалися проходженням холодної гілки полярного фронту, який добре проявляється в полі фронтального параметра. Територія, де швидкість вітру досягала 15-16 м/с знаходилась в зоні, в якій  $\Psi$  перевищує 2 од.

Аналіз поля опадів за 26.06.2012 р. показує, що практично всі пункти з опадами знаходяться в бароклінній зоні, де  $\Psi \geq 2$  од. Найбільша кількість пунктів, в яких добові суми опадів складають 10-24 мм, попадає в інтенсивну частину бароклінної зони, де  $\Psi$  коливається в межах 30-40 од. При цьому максимальні добові суми опадів відзначаються за холодним фронтом, де спостерігаються сприятливі умови для розвитку конвективних рухів, особливо в денні часи. Про це свідчать значення CAPE, яка навіть в нічний строк для Києва (за холодним фронтом) складає близько 12 Дж/кг, а в 12 годин досягає 42 Дж/кг. Індекс нестійкості TT в центральних районах України змінюється від 40 до 48 °С і навіть досягає 53 °С.

Отже, розгляд двох літніх ситуацій з небезпечними явищами, які пов'язані з проходженням атмосферних фронтів через територію України, дозволяє зробити такі висновки:

- бароклінну зону як теплого, так і холодного фронту, де параметр  $\Psi \geq 2$  од., можна вважати потенціальною зоною небезпечного вітру (цей висновок узгоджується з результатами роботи [7], згідно з якими необхідною умовою для виникнення шквалів є наявність бароклінної зони, де значення  $\Psi \geq 2,5$  од.);
- в полі параметра  $\Psi$  краще проявляється холодний фронт, якому відповідають значення  $\Psi$  майже удвічі більші в порівнянні з теплим фронтом;
- отримано також якісний зв'язок між параметром  $\Psi$  та опадами; тобто можна розглядати як потенційний предиктор при прогнозі літніх опадів, але необхідне врахування енергії CAPE.

\* \*

1. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине / Глобальные и региональные изменения климата; под ред. Осадчего В.И. / – Киев: Ника-Центр, 2011 – С. 150-159.

2. Івус Г.П., Зубкович С.О., Хоменко Г.В., Ковальков І.А. Умови утворення зон небезпечного вітру на території України // Вісник ОДЕКУ. – 2014 – № 18. – С. 48-55.

3. Семенова І.Г., Івус Г.П. Использование термического фронтального параметра для моделирования бароклинных зон в процессах циклогенеза // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 251. – С. 56-71.

4. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р., Калугина Г.Ю. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. II Объективное выделение зон фронтов // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 8. – С. 5-15.

5. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р. Объективный анализ атмосферных фронтов и оценка его эффективности // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 7. – С. 5-16.

6. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н. Спектр повторяемости осадков на территории Европейской части бывшего СССР в зависимости от интенсивности фронтальных зон и конвективной неустойчивости сеточного масштаба // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 4. – С. 5-18.

7. Юсупов Ю.И. К вопросу об оперативном прогнозе шквалов // Тр. ГМЦ РФ. – 2008. – вып. 342. – С. 55-78.

8. Huber-Rock F., Kress Ch. An operational model of objective frontal analysis based on ECMWF products. // Meteorol. Atmos. Phys. – 1989. – V. 40. – № 2. P. 70-180.

УДК 519.633

**Кацалова Л.М.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
lessiagook@bigmir.net*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДИФІКОВАНОГО АДИТИВНО-УСЕРЕДНЕНОГО РОЗЩЕПЛЕННЯ ТА МЕТОДУ ЯВНОГО РАХУВАННЯ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ КОНВЕКТИВНОЇ ДИФУЗІЇ**

Проведено розв'язання тестової двовимірної задачі конвективної дифузії із змінними коефіцієнтами за допомогою модифікованого адитивно-усередненого розщеплення та методу явного рахування. Розрахунок проводився із використанням паралельного обчислення на двох та чотирьох процесорах. Представлено результати чисельного експерименту. Проведено аналіз результатів та зроблені висновки щодо ефективності методу.

Сучасні метеорологічні та екологічні моделі основані на гідродинамічних рівняннях. В загальному вигляді, це тривимірні нелінійні рівняння конвективної дифузії, що не мають аналітичних розв'язків. Часто гідродинамічні рівняння реалізують за допомогою різницевих схем, для яких має місце залежність точності та часу розв'язання від величини кроку різницевої сітки. Чим менший крок – тим вища точність і більший час розв'язання. Проблему зменшення машинного часу реалізації метеорологічних та екологічних моделей можна вирішити використовуючи паралельний розрахунок на багатьох процесорах, що в свою чергу потребує розробки та налагодження відповідних методів та алгоритмів [1].

Автор представляє результати тестування нового методу розв'язання багатовимірних рівнянь конвективної дифузії, що має на увазі використання паралельного розрахунку. Метод є модифікацією адитивно-усередненого розщеплення [2]. Суть модифікації полягає у введенні параметра, який вказує кількість кроків на яких одномірні задачі, отримані розщепленням, розв'язуються методом явного рахування [3] паралельно на різних процесорах без обміну даними між собою. Далі запропонований метод будемо називати скорочено – МАУМ.

Проілюструємо результати чисельних експериментів на наступній тестовій задачі

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v_1 \frac{\partial u}{\partial x_1} + v_2 \frac{\partial u}{\partial x_2} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \mu_1 \frac{\partial u}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \mu_2 \frac{\partial u}{\partial x_2} \right) + f, \quad (1)$$

при  $(x_1, x_2) \in [0;1]^2, t \in [0;10]$ ,

$$u(0, x_1, x_2) = \sin(x_1 + x_2), \quad \text{при } (x_1, x_2) \in [0;1]^2, t = 0,$$

$$u(t, x_1, x_2) = u_A(t, x_1, x_2), \quad \text{при } (x_1, x_2) \in \partial[0;1]^2, t \in [0;1],$$

де  $v_k = \sin(x_k), \mu^{(k)} = 0.001 + 0.1 * \sin^2(x_k) > 0,$

$$f(t, x_1, x_2) = (v_1 + v_2 - (1 + 0.1 * (\sin(2x_1) + \sin(2x_2)))) * \cos(x_1 + x_2 - t) + (\mu_1 + \mu_2) * \sin(x_1 + x_2 - t)$$

Аналітичний розв'язок цієї задачі конвективної дифузії має вигляд:

$$u_A(t, x_1, x_2) = \sin(x_1 + x_2 - t)$$

Чисельні експерименти було здійснено при  $\Delta x_1 = \Delta x_2 = 0.01$ .

Результати розв'язання задачі (1) за допомогою МАУМ частково представлені у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Максимальне відхилення  $er = \max_{i=1, N-1} |u_i - y_i|$  розв'язку задачі (1) за

допомогою МАУМ ( $y$ ) та аналітичного розв'язку ( $u_A$ ) при різних значеннях часового кроку  $\tau$  та параметра  $m$  ( $S$  – кількість процесорів)

m	$\tau = 0.01$		$\tau = 0.001$	
	S=2	S=4	S=2	S=4
1	0,008112	0,008112	0,000841	0,000841
2	0,019590	0,019590	0,002060	0,002060
4	0,043349	0,043349	0,004643	0,004643
8	0,089145	0,089145	0,009871	0,009871
10	0,110943	0,110943	0,012479	0,012479

Результати, записані в табл.1 експериментально підтверджують стійкість та збіжність МАУМ. Очевидне прямування  $er \rightarrow 0$  при  $\tau \rightarrow 0$  з порядком  $O(\tau)$ . Бачимо, що при збільшенні параметра  $m$  точність погіршується. Із результатів даної тестової задачі, а також інших експериментів, можна вивести залежність точності розв'язку від  $m$ :  $er(m) \approx 0.9m \cdot er$ , де  $er$  - похибка при  $m = 1$ . Проте втрата точності є ціною за зменшення часу розрахунку.



Таблиця 2

Час розв'язання  $t$  (сек.) задачі (1) за допомогою МАУМ із застосуванням розпаралелювання на  $S$  процесорів при різних значеннях часового кроку й параметра  $m$

$m$	$t(\tau=0.01)$		$t(\tau=0.001)$	
	$S=2$	$S=4$	$S=2$	$S=4$
<b>1</b>	4,336	4,524	43,22	45,216
<b>2</b>	2,364	2,348	23,68	23,536
<b>4</b>	1,376	1,28	13,75	12,75
<b>8</b>	0,884	0,74	8,82	7,39
<b>10</b>	0,784	0,632	7,90	6,31

Із даних табл.2 очевидно, що застосування розпаралелювання ефективне при значенні параметра  $m > 1$ . Тоді виграш в часі стає суттєвим. Також очевидно, що чим більше процесорів ми використовуємо при розв'язанні задачі тим менший час розрахунку. Проте ця залежність не є лінійною, так як із збільшенням кількості процесорів збільшується час на обмін даними між ними.

Результати тестування підтверджують хорошу точність та збіжність зазначеного методу. Розв'язання тестових двовимірних рівнянь за допомогою модифікованого адитивно-усередненого розщеплення та методу явного рахування з використанням паралельних обчислень на двох та чотирьох процесорах показало значну економію машинного часу. Результати чисельних експериментів підтверджують доцільність використання модифікованого адитивно-усередненого розщеплення та методу явного рахування для розв'язання гідродинамічних рівнянь з використанням паралельних обчислень

\* \*

1. Прусов В.А., Дорошенко А.Ю. Моделювання природних і техногенних процесів в атмосфері. Київ: Наук. думка, 2006. 542 с.

2. Прусов В.А., Дорошенко А.Ю., Черныш Р.И. Метод численного решения многомерной задачи конвективной диффузии // Кибернетика и системный анализ, 2009. №1. С. 100–107.

3. Кацалова Л.М. Один метод реалізації спрощеної моделі циркуляції атмосфери // Віс. Київського університету: Серія: фіз.-мат. науки. 2013. №1. С. 178-171.

УДК 629.783; 551.501.8; 510.58

**Коман М.М.***Український Гідрометеорологічний інститут, м. Київ  
mishakoman@gmail.com***АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМУ ТА ШВИДКОСТІ ВІТРУ  
ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ**

В цій статті описується робота алгоритму визначення напрямку та сили вітру за супутниковими даними.

Основна мета цієї роботи оцінити як за допомогою інфрачервоних зображень з геостационарного супутника можна визначити напрям та швидкість вітру. Достатньо порівняти два послідовних супутникових знімки між собою. Напрямок руху хмарних мас відповідає напрямку вітру, а швидкість їх руху – швидкості вітру. В основі алгоритму лежить принцип порівняння двох зображень. Для відображення напрямку та сили вітру в алгоритмі використовуються вектори, для побудови яких потрібно визначити початок та кінець вектору, що характеризує напрям вітру та розмір вектору, що відповідає за швидкість вітру[2].

Тепер розглянемо роботу алгоритму. За допомогою інфрачервоного детектора, на борту геостационарного супутника, кожні 15 хвилин отримуються зображення поверхні Землі. Для правильної роботи алгоритму на цих зображеннях потрібно виділити області покриті хмарністю, для чого використовується маска хмарності.

Для порівняння хмарних областей на двох послідовних зображеннях використовують коефіцієнт кореляції[1]:

$$OC(I, J, M, N) = \frac{\sum \sum [S_0(i, j) S_1(i, j)]}{\sqrt{\sum \sum S_0(i, j)^2 \sum \sum S_1(i, j)^2}} \quad (1)$$

де  $OC(I, J, M, N)$  - коефіцієнт кореляції;

$S_0(i, j)$  - значення пікселю з координатами  $(i, j)$  у піксельній матриці  $S_0$  на 1-му зображенні;

$S_1(i, j)$  - значення пікселю з координатами  $(i, j)$  у піксельній матриці  $S_1$  на 2-му зображенні;

$S_0$  - піксельна матриця на 1-му зображенні з центром  $(I, J)$ ;

$S_1$  - піксельна матриця на зображенні, отриманому через 15 хвилин після першого, і центром  $(M, N)$ .

Для його розрахунку використовуються два зображення з різницею у часі 15 хвилин. На першому зображенні виділяється матриця  $S_0$  розміром  $5 \times 5$  пікселів з центром у точці А, що буде початком вектору. Для порівняння на 2-му зображенні вибирається зона пошуку  $S$  розміром  $50 \times 50$  пікселів з центром в точці А. У цій зоні виділяється матриця  $S_1$  розміром  $5 \times 5$  пікселів з центром у точці В, для якої розраховується коефіцієнт кореляції (1), по суті виконується порівняння з матрицею  $S_0$  на 1-му зображенні, після чого точка В і вся матриця  $S_1$  переміщуються на 5 пікселів і знову розраховується коефіцієнт кореляції (1). Все це повторюється доки матриця  $S_1$  не досягне кінця зони пошуку  $S$ , після чого визначається матриця  $S_1$  з найбільшим коефіцієнтом кореляції, центр якої, точка В, і буде кінцем вектору напрямку руху хмарності. Це показано на рис.1. Хмарність представлена на 1-му зображенні матрицею  $S_0$  через 15 хвилин буде представлена на 2-му зображенні матрицею  $S_1$ . Для визначення швидкості вітру потрібно розрахувати відстань від точки А до точки В та розділити її на різницю часу між зображеннями. Розмір вектора залежить від швидкості вітру. Вподальшому дані операції повторюються для кожного п'ятого пікселя області хмарності 1-го зображення і наприкінці роботи алгоритму ми отримуємо зображення з нанесеними векторами напрямку і сили вітру, представлене на рис.2.

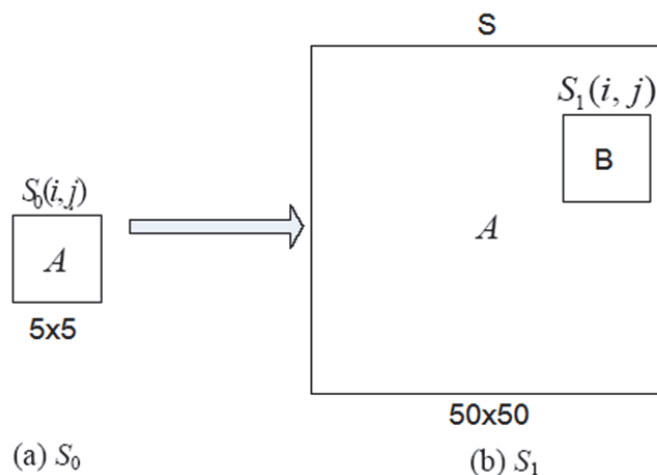


Рис.1. Порівняння зображень

Алгоритм працює надійно і відображає напрям і швидкість руху повітряних мас над територією України.

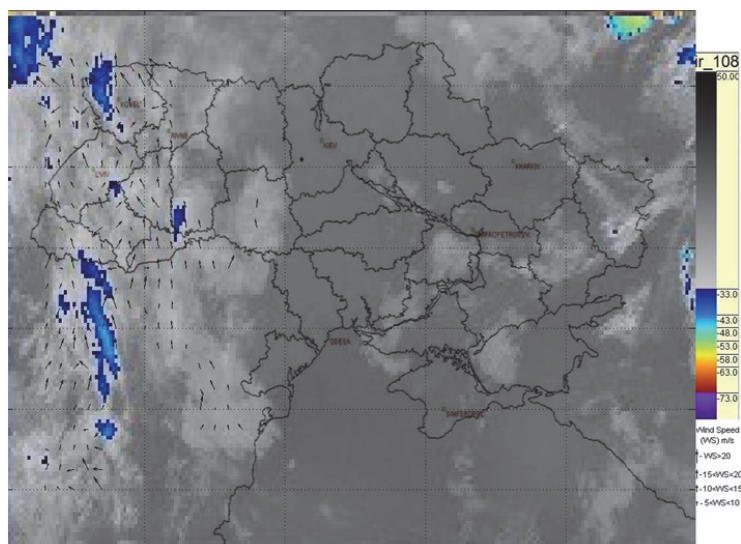


Рис.2. Супутникове зображення з нанесеними векторами напрямку і сили вітру

\* \*

1. *T. Lou, L. Lin, N. Zhan*, 2013, Discussion Measurement Models and Algorithms of the Wind Vector Field Based on Satellite Images, Published Online, 4, 122-126.

2. *T. Izawa and T. Fujita*, "Relationship between Winds and Cloud Velocities Determined from Pictures Obtained by the ESSA 3, ESSA 5 and AST-I Satellites." North-Holland Publishing Co., Space Research IX, Amsterdam, 1969, pp. 571-579.

УДК 551.46.06; 629.783

**Коман М. М.**

*Український Гідрометеорологічний інститут, м. Київ  
mishakoman@gmail.com*

## **ВІДНОВЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ МОРСЬКОЇ ПОВЕРХНІ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ**

У даній статті розглядається метод відновлення температури морської поверхні за супутниковими даними MSG та подальше порівняння отриманих даних з реальними значеннями температури.

Для відновлення температури поверхні моря використовуються дані з геостационарного супутника MSG (Meteosat Second Generation). Радіометр SEVIRI, що встановлений на супутнику MSG, має ряд спектральних каналів, розташованих у так званому вікні прозорості в інфрачервоному спектрі (3.9, 8.7, 10.8 та 12 мкм) для розрахунку температури морської поверхні (SST). Використання даних з цього супутника дозволяє охопити всю акваторію Чорного та Азовського. Оцінка температури поверхні моря є попіксельною і складається з декількох кроків[1]. В першу чергу визначаються всі морські безхмарні пікселі, для чого використовуються маски[2] де вказані:

- приналежність кожного пікселя до земної поверхні, побережжя чи моря;
- положення кожного безхмарного пікселя над територією України та Чорного і Азовського морів.

Після визначення всіх безхмарних пікселів, що належать до морської поверхні, для полегшення подальшого опрацювання значення всіх інших пікселів прирівнюються до нуля. В результаті отримуємо матрицю, в якій елементи, що більше нуля показують значення температури поверхні моря отриманої за супутниковими даними (канали IR10.8 та IR12 мкм).

Але вказані дані не враховують вплив атмосфери Землі. Для отримання температури поверхні моря необхідно прийняти до уваги положення супутника відносно кожного пікселя, значення середньомісячної температури поверхні моря та дані каналів IR10.8 та

IR12. Все це враховується у формулі, по якій визначаємо кінцеву температуру поверхні моря (1):

$$SST = (a + b * S_{\theta}) * T_{11} + (c + d * T_{cli} + e * S_{\theta}) * (T_{11} - T_{12}) + f * S_{\theta} + g \quad (1)$$

де  $SST$  – температура поверхні моря;

$T_{11}$  – значення температури за супутниковими даними каналу 10.8 мкм;

$T_{cli}$  – середньомісячна температура поверхні моря;

$S_{\theta} = \sec(\theta_{sat}) - 1$ ;

$\theta_{sat}$  – кут зеніту супутника;

$T_{12}$  – значення температури за супутниковими даними каналу 12 мкм;

$a, b, c, d, f, g$  – коефіцієнти, визначені шляхом порівняння фактичних даних з розрахунками чисельної моделі переносу випромінювання в атмосфері.

На рис.1а) представлений результат виконання даного алгоритму за годину. Для отримання середньої температури поверхні морів за одну добу визначається середньодобова температура у кожному пікселі. Результат реалізації алгоритму за добу представлений на рис. 1б).

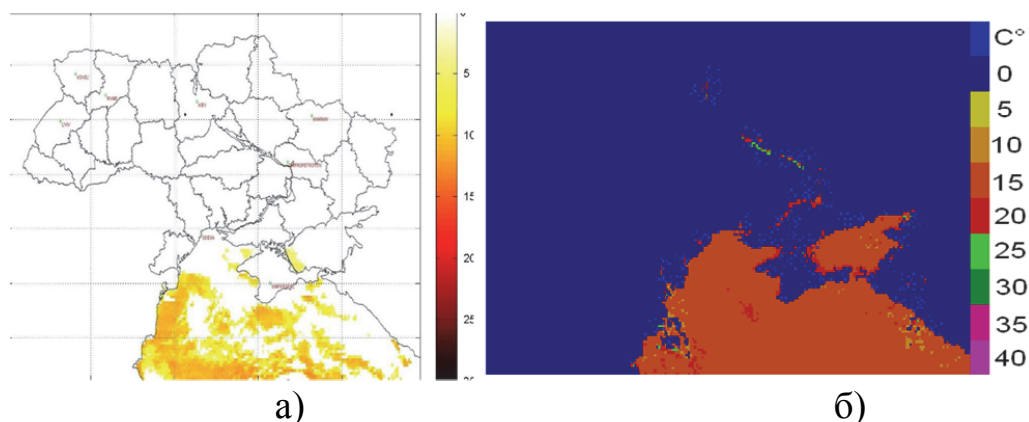


Рис.1. Результат роботи алгоритму а) за 1 год (отриманий о 6 год.) б) за добу 15.12.2015 р.

Для перевірки точності відновленої температури морської поверхні за оперативними супутниковими даними MSG було проведено порівняння отриманих даних з даними температури отриманими з:

- <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> (Дані W);
- <http://seatemperature.info/> (Дані ST).

Аналіз точності був проведений для 22 точок на побережжях Чорного та Азовського морів. Для аналізу точності відновленої температури морської поверхні були використані 85 діб спостережень.

Внаслідок проведення аналізу точності було виявлено, що температура морської поверхні відновлена за оперативними супутниковими даними MSG відрізняється від температури отриманої з інших джерел в середньому на 1,6°C.

Для підвищення точності подальшого відновлення температури поверхні моря була внесена поправка до формули, що розраховує кінцеву температуру поверхні моря (1), змінено коефіцієнт  $g$ , який розраховувався по формулі (2).

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{SST-W}{n}; \\ g_2 &= \frac{SST-ST}{n}; \\ g &= \frac{g_1 + g_2}{2}; \end{aligned} \quad (2)$$

За рахунок внесення цієї поправки можна зробити висновок, що алгоритм працює надійно і відновлює реальну температуру морської поверхні.

\* \*

1. *Francois, C., A. Brisson, P. Le Borgne and A. Marsouin*, 2002, Definition of a radio-sounding database for sea surface brightness temperatures simulations: application to sea surface temperature retrieval algorithm determination, *Remote Sensing of Environment*, **81**, 309-326.

2. *Derrien, M. and H. Le Gleau*, 2005, MSG/SEVIRI cloud mask and type from SAFNWC, *Internal Journal of Remote sensing*, **26**, 21, 4707-4732.

УДК 551.521+621

**Москальчук Н.М.***Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
n\_reingardt@mail.ru***ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ  
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

Проаналізовано дані середніх багаторічних швидкостей вітру метеостанцій Карпатського регіону та суміжних областей. Розраховано середньорічні швидкості вітру на висоті 30, 50, 70, 100 м та побудовані відповідні карти. Розраховано питому потужність вітру на заданих висотах. Виділено території перспективні для розташування ВЕУ.

Згідно Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року передбачається збільшення споживання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії до 11 % від загальної встановленої потужності електростанцій України [4]. На кінець 2015 року частка всіх електростанцій, які працюють на відновлювальних джерелах енергії становила 2,7 %, з яких 0,8% припадало на вітроенергетику [7]. Для розвитку відновлюваної енергетики потрібна оцінка та аналіз природних ресурсів. Тому одним з напрямів науково-дослідницької діяльності в галузі вітроенергетики є коректна аргументована оцінка вітроенергетичного потенціалу.

Оцінці вітрового потенціалу присвячені велика кількість наукових праць [2,3,5,6], що вказує на чималий інтерес до цієї теми. Однак, за виключенням праць В.І. Осадчого та ін. [1] дослідженням просторового розподілу вітрового потенціалу Карпатського регіону та областей, які входять до його складу присвячено недостатньо робіт.

Метою роботи є удосконалення існуючих оцінок вітроенергетичного потенціалу та застосування їх для Карпатського регіону на основі сучасної метеорологічної інформації.

Певні висновки щодо вітрових ресурсів регіону можна отримати із аналізу середньої річної швидкості вітру. В результаті опрацювання багаторічних рядів спостережень за швидкістю вітру на висоті 10м (стандартна висота вимірювання швидкості на метеостанціях) нам вдалося побудувати карту середньорічної швидкості вітру у Карпатському регіоні на висоті 10м, яка представлена на рис.1



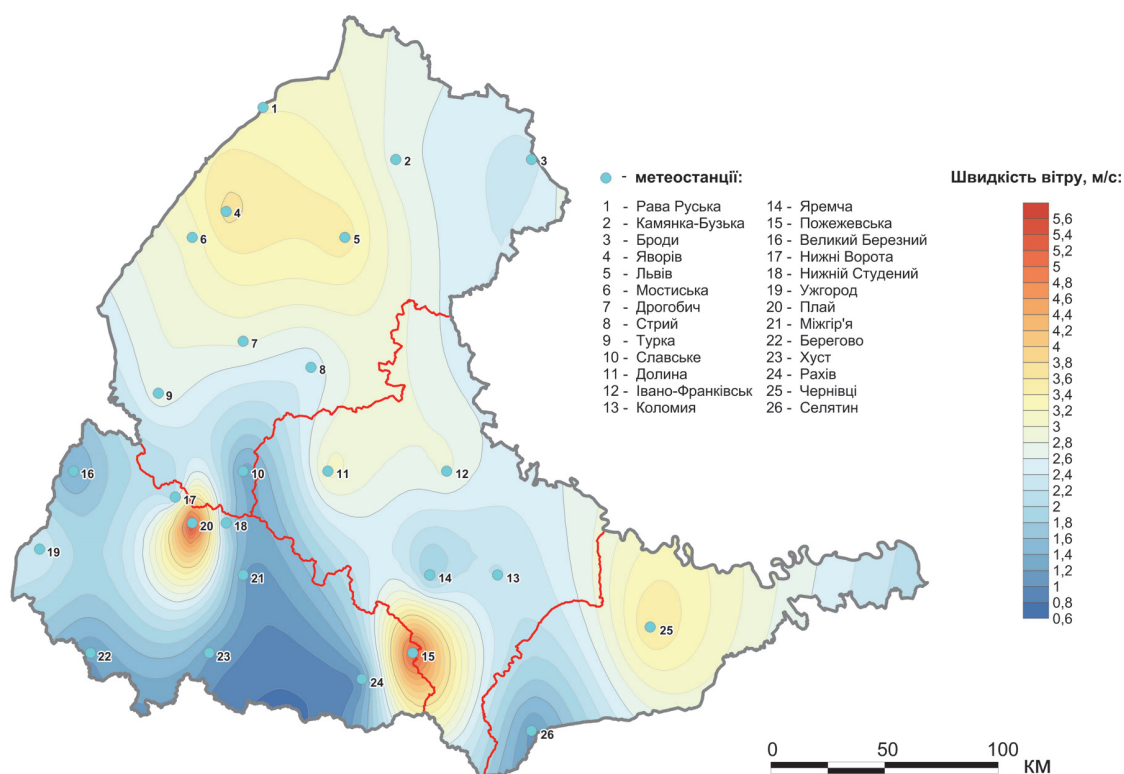


Рис. 1 – Карта середньорічної швидкості вітру у Карпатському регіоні на висоті 10 м.

Однак осі обертання ротора навіть малих вітрових турбін знаходиться на вищій висоті – до 30 м, а промислових вітрових турбін (потужністю від 100 кВт) – від 40 до 100 м і вище. Із збільшенням висоти зменшується вплив підстилаючої поверхні, вітровий потік стає більш сталим, а швидкості вітру вищою, тому є необхідність проведення вимірювань та моделювання швидкості вітру на більших висотах [6].

Виходячи з вищесказаного нами було розраховано середньорічні швидкості вітру та питомі потужності вітру на висоті 30, 50, 70, 100 м використовуючи логарифмічний та степеневий вертикальні профілі вітру (між 20 м і 100 м обидва методи є досить об'єктивними для передбачення середньої швидкості вітру в нейтральних атмосферних умовах) та побудовано карти середньорічної швидкості вітру на заданих висотах, зокрема карта представлена на рис.2.

Аналіз літературних даних, параметрів стартової, розрахункової швидкості та номінальної потужності сучасних вітроенергетичних установок (ВЕУ) дав змогу зробити запропонувати наступну

класифікацію перспективності територій для розташування ВЕУ (табл.1). Перспективними пропонуємо вважати параметри вітру, при яких потужність ВЕУ досягає 50% від номінальної.

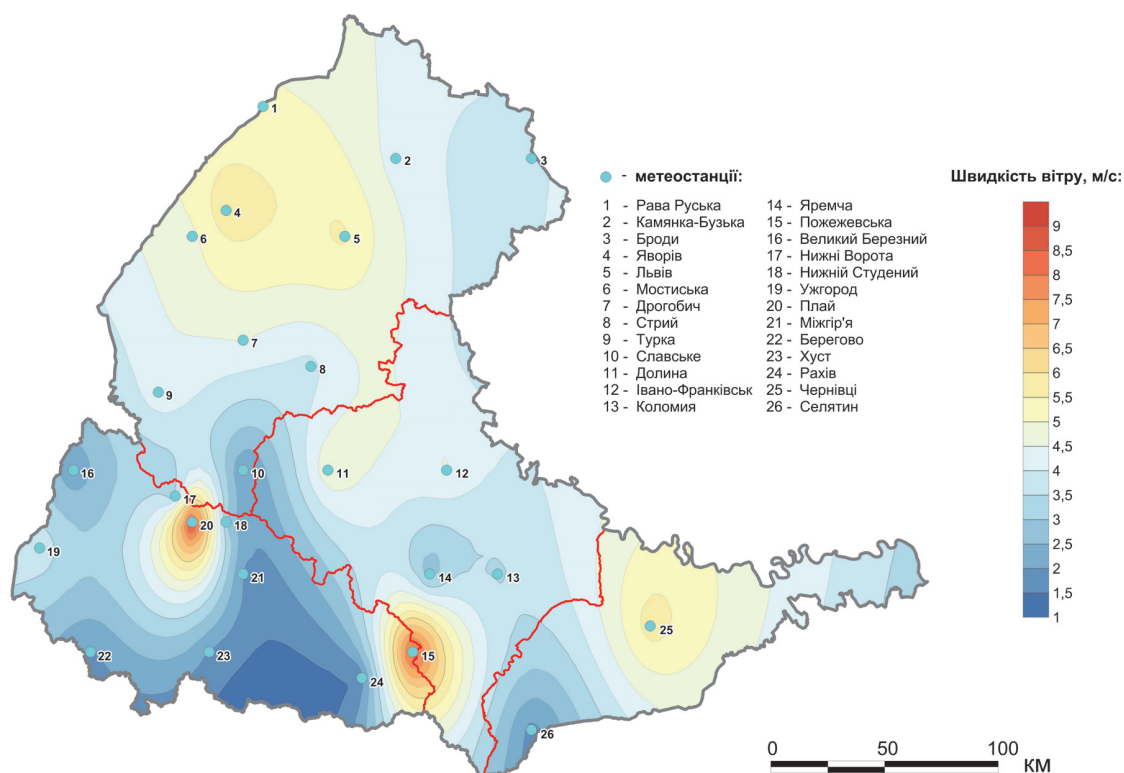


Рис. 2 – Карта середньорічної швидкості вітру у Карпатському регіоні на висоті 100 м.

В результаті роботи ми змогли дійти висновку, що найсприятливіші кліматичні умови для промислової вітроенергетики є у високогірних районах Карпат на території Івано-Франківської та Закарпатської областей (масив Чорногора, Верховинський вододільний хребет), та на Розточчі у Львівській області. ВЕУ середньої потужності доцільно розташовувати також на Подільській височині у Львівській області та Хотинській височині у Чернівецькій області. Щодо малих ВЕУ, то сприятливими вітровими умовами характеризується більша частина Львівської області (особливо північно-західні та центральні райони), Івано-Франківської (особливо північні, південно-західні райони), центральна частина Чернівецької області, північна Закарпатської.

Таблиця 1.

## Класифікація перспективності територій для розташування ВЕУ

Перспективність	Швидкість вітру V, м/с	Питома потужність вітру P, Вт/м <sup>2</sup>
Безперспективні для будь-яких типів ВЕУ	<2	<5
Малоперспективні	2-2,9	5-19
Перспективні для малих ВЕУ	3-3,9	20-39
Перспективні для малих та середніх ВЕУ	4-5,4	40-99
Перспективні для будь-яких ВЕУ	≥5,5	≥100

\* \*

1. Вітроенергетичні ресурси Українських Карпат / В.І. Осадчий, О.А. Скриник, О.Я. Скриник, Р.Ю. Радченко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. - 2014. - Вип. 266. - С. 3-11.

2. Клімат України / За редакцією В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

3. Методика оброблення статистичних даних параметрів вітру для прийняття рішення щодо розміщення вітроенергоустановки в конкретному регіоні / О. Д. Любімов, В. М. Коваленко, А. І. Чубенко // Електроніка та системи управління. – 2011. – №2 (28). – С. 116-119.

4. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>

5. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Циценков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.

6. Оцінка вітрового режиму території Харківської області для цілей вітроенергетики / А. Н. Некос, Я. Є. Молодан // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. - 2012. - № 3-4. - С. 69-76.

7. Українська вітроенергетична асоціація. <http://uwea.com.ua/>

УДК 551.509.328

**Онос Л.М., Баштаннік М.П.***Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
milka.ua@mail.ru***ОЦІНКА МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**

Досліджено метеорологічний потенціал забруднення атмосфери (МПЗА) у промислових містах України у 1961-1990 та 2000-2013рр. Виділено райони за різною інтенсивністю метеорологічних параметрів, що сприяють накопиченню та розсіюванню домішок в атмосфері. Проведено порівняльний аналіз виділених районів у 2000-2013рр. і 1961-1990рр. та встановлено зростання МПЗА протягом останніх десятиріч.

Проблема якості атмосферного повітря у великих промислових містах залишається, як і раніше, актуальною в зв'язку з необхідністю забезпечення сприятливих умов проживання населення та збереження екосистем. Рівень забруднення повітря шкідливими домішками залежить не тільки від об'ємів викидів забруднювальних речовин, але і значною мірою від умов розсіювання їх в атмосфері [1].

У зв'язку зі змінами клімату у сучасний період назріла необхідність уточнити роль впливу метеорологічних факторів на формування середнього рівня забруднення атмосферного повітря у містах України.

Для оцінки метеорологічних факторів, що впливають на розсіювання й накопичення домішок в атмосфері використовується метеорологічний потенціал забруднення атмосфери (МПЗА). МПЗА являє собою відношення метеорологічних величин, що сприяють накопиченню домішок (слабкі вітри та тумани) до величин, що сприяють їх видаленню та перенесенню за межі міста (сильні вітри та опади).

МПЗА визначається конкретними метеорологічними умовами регіону (міста) і може бути використаний для оцінки інтенсивності забруднення цієї території.

Дослідженням забруднення атмосферного повітря на території України, та впливом метеорологічних величин на забруднення займалась ціла низка вчених [1-5]. Проте районування території України за різною інтенсивністю розсіювання домішок у повітрі та розподілу метеорологічного потенціалу по Україні в цих роботах не було.

**Метою роботи** є районування території України за різною інтенсивністю метеорологічних параметрів, що сприяють накопиченню та розсіюванню домішок та визначення зміни величини МПЗА у період з 2000 по 2013рр. відносно кліматичного періоду (1961-1990рр.) у промислових містах України.

Для розрахунку МПЗА використано дані метеорологічних спостережень за швидкістю вітру, опадами, туманом у 37 станціях, що розташовані на території промислових міст або найближчих до них, за кліматичний період (1961-1990рр.) та період з 2000 по 2013рр.

Показник метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери розраховувався за формулою, запропонованою Т. С. Селегей [6].

Виходячи зі значень МПЗА та його середньоквадратичних відхилень пропонуються наступні граничні умови для виділення зон за різною інтенсивністю метеорологічних параметрів, що сприяють накопиченню та розсіюванню домішок в атмосфері промислових міст України, а саме:

- $МПЗА < 0,8$  – зона із сприятливими умовами розсіювання домішок;
- $0,8 \leq МПЗА \leq 1,2$  – зона з однаковою ймовірністю атмосферних процесів, що сприяють як накопиченню так і розсіюванню домішок;
- $1,3 \leq МПЗА \leq 1,7$  – зона, де переважають метеорологічні фактори, що сприяють накопиченню домішок;
- $МПЗА > 1,8$  – зона з найгіршими (вкрай несприятливими) умовами розсіювання домішок.

Метеорологічний потенціал забруднення атмосфери України розподілений вкрай нерівномірно і змінювався у середньому від 0,4 до 3,7 у 2000-2013 рр.

Міжрічна мінливість МПЗА (середньо квадратичне відхилення) у цей період становить 0,1-1,1 і залежить від його рівня. Значно більшу мінливість (0,3-3,5) мають середні за місяць значення МПЗА.

Встановлено, що у більшості промислових міст України в атмосферному повітрі переважають атмосферні процеси, що сприяють розсіюванню та видаленню домішок ( $МПЗА < 0,8$ ). Найкращі умови ( $МПЗА = 0,4-0,6$ ) для розсіювання домішок спостерігаються у повітрі міст північно-західного регіону (Рівне, Тернопіль Хмельницький та Вінниця), а також у містах на сході країни (Суми і Харків). Сприятливими метеорологічними умовами для розсіювання домішок характеризуються і промислові міста (Маріуполь, Донецьк, Дніпропетровськ, Кривий Ріг), що відзначаються посиленням вітровим режимом та посушливістю. Такі ж умови характерні й для міст Криму (Керч, Сімферополь, Севастополь). У

містах на північному сході (Чернігів); у центральному (Київ, Полтава) і південному (Одеса, Ізмаїл) регіонах країни та в окремих містах Карпатського регіону (Ужгород, Івано-Франківськ, Чернівці, Львів), МПЗА характеризується однаковою ймовірністю процесів як до накопичення так і видалення домішок з атмосфери. Слід підкреслити, що в останній період в атмосфері міст Карпатського регіону посилюються процеси, які сприяють накопиченню домішок. Найгірші умови (МПЗА > 1,8) для розсіювання домішок протягом періоду 2000-2013рр. спостерігалися у Запоріжжі, містах Донецької області, що розташовані в низинних увігнутих формах рельєфу (Артемівськ, Горлівка, Єнакієве, Краматорськ, Макіївка), Луганської області та АР Криму (Ялта, Армянськ, Красноперекіпськ).

Проведено порівняльний аналіз районів за різною інтенсивністю МПЗА в кліматичний період та в період 2000- 2013рр. Результати аналізу свідчать, що в сучасний період рівень показника потенціалу забруднення атмосфери у переважній більшості міст України у порівнянні з кліматичним збільшився (рис.1).

Найбільший ріст величини МПЗА спостерігався у промислових містах на південному сході, на півдні країни, та в місті Житомир, які відносяться до зони з найгіршими умовами розсіювання домішок.

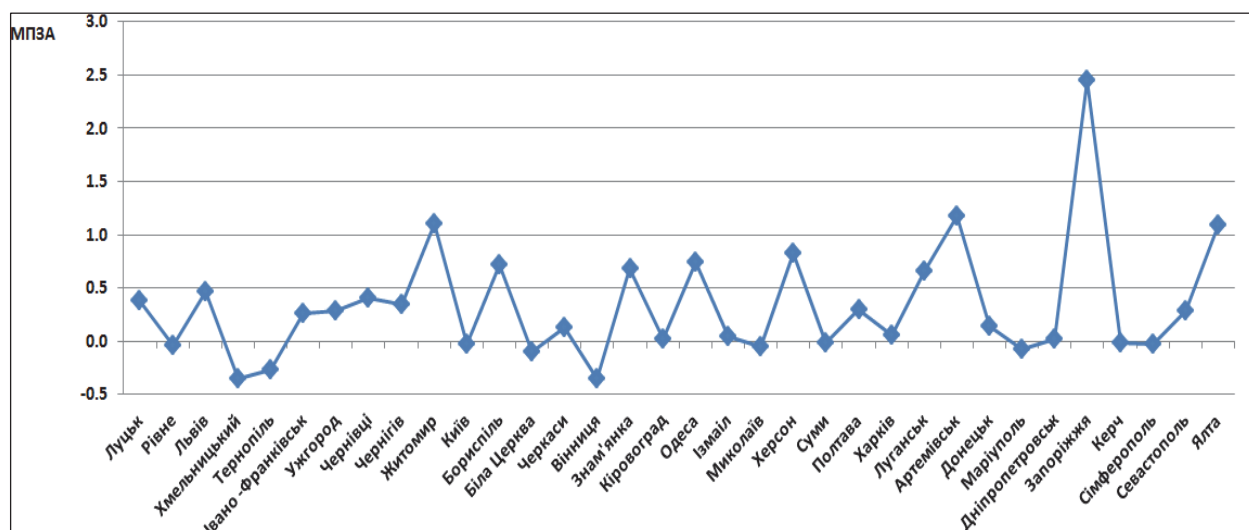


Рис. 1. Зміна середньої за рік величини МПЗА у 2000-2013 рр. відносно кліматичного періоду (1961-1990 рр.)

## Висновки

На території України можна виділити чотири зони за різною інтенсивністю метеорологічних параметрів, що сприяють накопиченню та розсіюванню домішок в атмосфері промислових міст: із сприятливими умовами для розсіювання домішок; з однаковою ймовірністю атмосферних процесів, що сприяють як накопиченню так і розсіюванню; із вкрай несприятливими умовами розсіювання та зону із сприятливими умовами накопичення домішок. Відмічається зростання метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери у промислових містах країни в 2000 - 2013рр.

\* \*

1. *Переведенцев Ю. П.* Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия. Ю. П. Переведенцев, Ю. Г. Хабутдинов.- Вестник Умдуртского ун-та.- 2012. Вып. 3. С. 22-28

2. *Крюкова С. В.* Оценка влияния метеорологических параметров на концентрации загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга/ С. В. Крюкова, Т. Е. Симакина//Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, №5-2. 2015. С.299-305.

3. *Малицька Л. В.* Зміна здатності атмосфери до самоочищення як прояв зміни клімату / Л. В. Малицька, В. О. Балабух // Наук. часоп. Нац. пед. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. Сер. 4, Географія і сучасність / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – К., 2013. – Вип. 30. – С. 35–44.

4. *Малицька Л.В.* Особливості самоочищення атмосфери в регіонах України / Л. В. Малицька // Молоді науковці – географічній науці : зб. наук. пр. X Всеукр.науково-практичної конф. студ., аспірантів та молодих вчених / Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. : Прінт Сервіс, 2014. Випуск X. – С. 86-89.

5. *Лапина С. Н.* Способность атмосферы различных районов Саратовской области к самоочищению/ С. Н. Лапина, Е. А. Полянская, Л. М. Фетисова, Н. А. Фетисова// Известия Саратовского ун-та, Т. 8. Сер. Науки о Земле, Вып. 2, 2008.- С. 8-11.

6. *Селегей Т.С.* Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири/Т. С. Селегей// Новосибирск: Наука, 2005. 248с.

УДК 551.582.3

**Ошурок Д.О.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
dimaoshurok@gmail.com*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПРЕПРОЦЕСОРА CALMET ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Проведено оцінку енергетичного потенціалу вітрових ресурсів Тернопільської області за період з 1981 по 2010 рр. за допомогою метеорологічного препроцесора CALMET, який є однією із складових відомої дифузійної моделі CALPUFF. Використання CALMET дозволяє врахувати вплив основних чинників, які визначають поле вітру у нижній частині атмосфери, та розрахувати його з високою просторовою роздільною здатністю. Результати розрахунків показують, що отримана інформація точніше відображає просторово-часовий розподіл поля вітру, і може бути використана виробниками вітрової електроенергії для локалізації можливого розміщення вітроенергетичних установок.

Перехід на альтернативну енергетику з використанням нетрадиційних джерел енергії (таких як, наприклад, вітер чи Сонце) дозволяє зменшити антропогенний вплив людини на біосферу, а також отримати ряд економічних переваг.

Очевидно, виробники вітрової енергії зацікавлені у якомога точній оцінці вітроенергетичного потенціалу локального району/області. Однак, застосування лише метеорологічної інформації, зафіксованої на регулярній мережі метеорологічних спостережень України з подальшою «простою» інтерполяцією у горизонтальному та екстраполяцією у вертикальному напрямках є недостатнім, оскільки отриманий просторово-часовий розподіл вітру буде мати велику похибку у порівнянні з його реальними значеннями. Саме тому, виникає необхідність у залученні спеціальних методів моделювання вітру, які здатні враховувати вплив основних чинників (характер мезомасштабної та великомасштабної атмосферної циркуляції, рельєф місцевості, тип підстильної поверхні, час доби та сезон року) і можуть реально відображати його просторово-часовий розподіл.

Метою роботи є оцінка енергетичного потенціалу вітру на території Тернопільської області за період з 1981 по 2010 рр. (період «сучасного»



клімату) з використанням спеціалізованого метеорологічного забезпечення (метеорологічного препроцесора CALMET [1]).

Специфіка розрахунків в CALMET вимагає використання цілого комплексу даних наземних метеорологічних спостережень та вертикальних зондувань у якості вхідної інформації. В дослідженні, в якості наземних метеорологічних даних слугували строкові значення метеорологічних величин, зафіксовані в період 1981-2010 рр. на 9-ти метеорологічних станціях: Броди, Ямпіль, Кам'янець-Подільський, Кременець, Тернопіль, Бережани, Чортків, Івано-Франківськ і Коломия. Замість аерологічних даних, використано дані реаналізу ERA-Interim з просторовою роздільною здатністю  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$  [2] в якості вхідної інформації на висотах. Дані реаналізу є доступними на сайті Європейського центру середньострокових прогнозів (ECMWF) [3]. Результат розрахунків – значення швидкості вітру у вузлах регулярної сітки з 5-ти км просторовою та 1-годинною часовою роздільною здатністю на висотах 10, 30, 70, 110, 150 та 200 м.

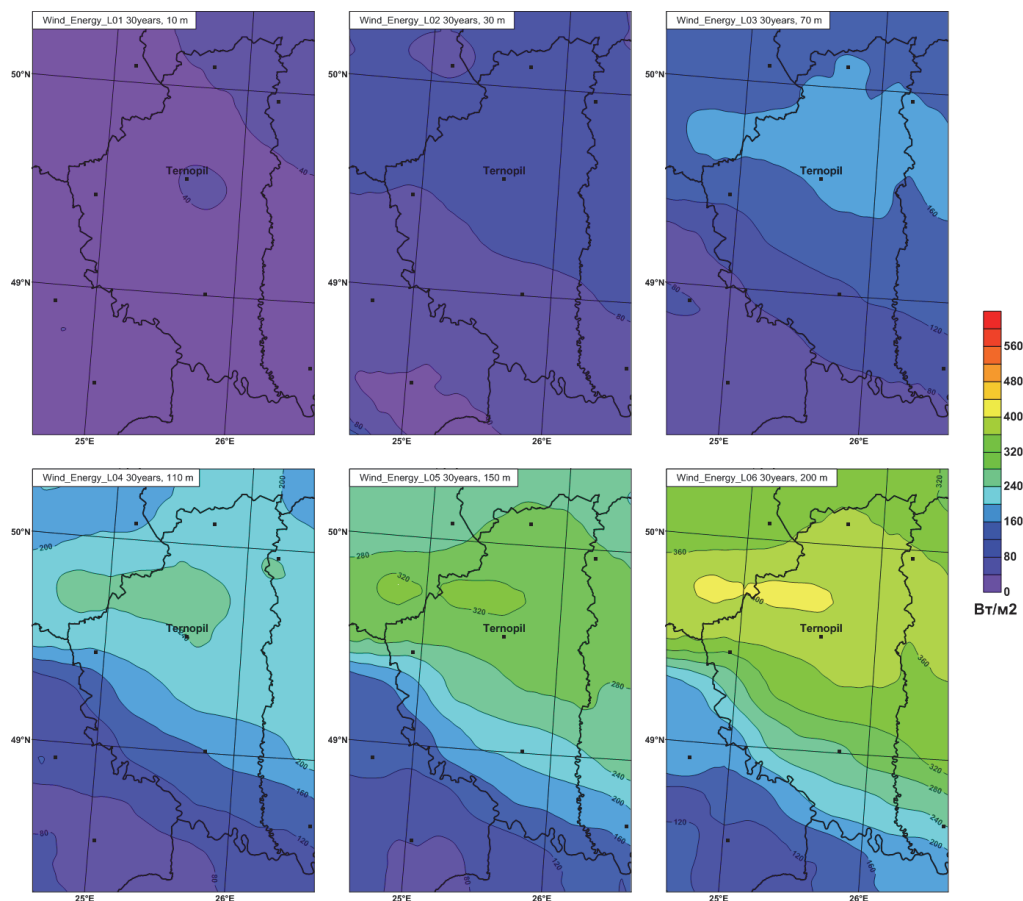


Рис. 1. Середній вітроенергетичний потенціал Тернопільської області за період 1981-2010 рр.

На основі отриманих значень швидкості вітру для кожного вузла регулярної сітки було розраховано середнє за період 1981-2010 рр. значення вітроенергетичного потенціалу за формулою:

$$\bar{P} = \frac{\rho}{2n} \sum_{i=1}^n V_i^3$$

де  $\bar{P}$  – осереднене за вказаним часовим проміжком значення питомої потужності вітру (вітроенергетичний потенціал),

$\rho$  – густина повітря (в роботі використано значення  $\rho = 1,225 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ),

$V_i$  – розраховані значення швидкості вітру за часовий проміжок,

$n$  – кількість розрахованих значень.

На рис. 1 представлено осереднений за 30 років вітроенергетичний потенціал на кожному з вертикальних рівнів в заданому вище порядку.

Оцінку вітроенергетичного потенціалу Тернопільської області співставлено із раніше опублікованими результатами [4, 5]. Порівняльний аналіз дає підстави вважати, що метеорологічна модель CALMET точніше відображає просторові особливості розподілу вітру, що у свою чергу дозволяє дати більш об'єктивну оцінку вітрових ресурсів.

**Висновок.** Використання діагностичної мезомасштабної метеорологічної моделі CALMET дозволило отримати повнішу інформацію про вітроенергетичний потенціал Тернопільської області, виділити райони з найбільш ефективним використанням вітрових установок. Отримана інформація може бути використана безпосередніми виробниками вітрової електроенергії.

\* \*

1. *J.S. Scire, F.R. Robe, M.E. Fernau, R.J. Yamartino* A User`s Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5) – Earth Tech, Inc. – 2000.

2. *D.P. Dee, S.M. Uppala etc.* The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system – Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society – 2011. – 137: p. 553-597.

3. <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>

4. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України – К., 2001. – 41 с.

5. *Осадчий В.І* Оцінка сучасного стану вітрових ресурсів Українських Карпат та їх зміни відносно базового кліматичного періоду / *В.І. Осадчий, О.А. Скриник, О.Я. Скриник* – Доповіді НАНУ – 2015. – 8. – С.95-99.

УДК 551.510.534.3

**Савенець М.В.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
mihails@e-mail.ua*

## **ЧАСОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВІДХИЛЕНЬ ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ ОЗОНУ**

Проведено статистичний аналіз відхилень загального вмісту озону (ЗВО) та визначено їх динаміку в сезонному ході. Дається оцінка ймовірностей переходів різних станів озонового шару при різних початкових умовах. В роботі представлено поверхневий аналіз глибини пам'яті системи озонового шару.

Активне вивчення озонового шару за останні десятиріччя дало величезний об'єм знань щодо динаміки загального вмісту; відкрилися можливості точного короткострокового прогнозування [1,3-5]. Однак, на сьогодні недостатньо вивченими залишаються питання динаміки аномалій, визначення тривалості їх існування, впливу ряду глобальних [2] і локальних чинників та їх роль у варіаціях озонового шару. Метою даної роботи є виявлення закономірностей розподілу відхилень ЗВО та оцінка ймовірностей утворення аномалій. В роботі представлено перший етап на шляху до аналізу відхилень та оцінці швидкості відновлення озонового шару як системи після суттєвих відхилень до аномальних значень.

Для дослідження були взяті щоденні супутникові дані приладів TOMS/OMI за період з 1981 по 2015 рр. в точці, що координатно співпадає з розташуванням м. Київ. Всі значення були розподілені на 6 станів. Кожен стан являє собою діапазон в одиницях стандартного відхилення ( $\sigma$ ) показника ЗВО. Так, перший стан характеризують показники, що потрапляють в межі відхилень  $0 - 0.5\sigma$ , другий –  $0.5 - 1\sigma$  і т.д. з кроком  $0.5\sigma$ . Всі значення, що перевищують  $2.5\sigma$  вважаються аномальними і характеризують останній шостий стан.

Розрахунок повторюваності кожного окремого стану показав, що майже в 60% випадків значення ЗВО не відхиляються більше ніж на  $0.5\sigma$  від кліматичних норм. 95.74% значень не перевищують  $1.5\sigma$ . Близько 85% всіх аномалій, частка яких в загальній повторюваності не перевищує 0.3% за розглянутий період, були позитивними.

Найбільш стабільною системою озонового шару можна вважати в період з червня по жовтень. В цей час приблизно 70 – 90% відхилень не перевищують  $0.5\sigma$ . І хоча в сезонному ході в літні місяці спостерігається

поступове зменшення ЗВО, амплітуди коливань також зменшуються, що й повинно визначати стабільність показників. Аномальні значення (рис. 1) спостерігалися виключно в період з січня по квітень, незважаючи на те, що ЗВО в цей час досягає максимальних значень, а відповідно і кліматична норма значно вища. Все це вказує на те, що озоновий шар найбільш нестабільний саме в даний період і найбільш чутливий до зовнішніх змін, що можуть бути спричинені зміною в динаміці метеорологічних параметрів, фотохімічними реакціями чи кількістю сонячного випромінювання.

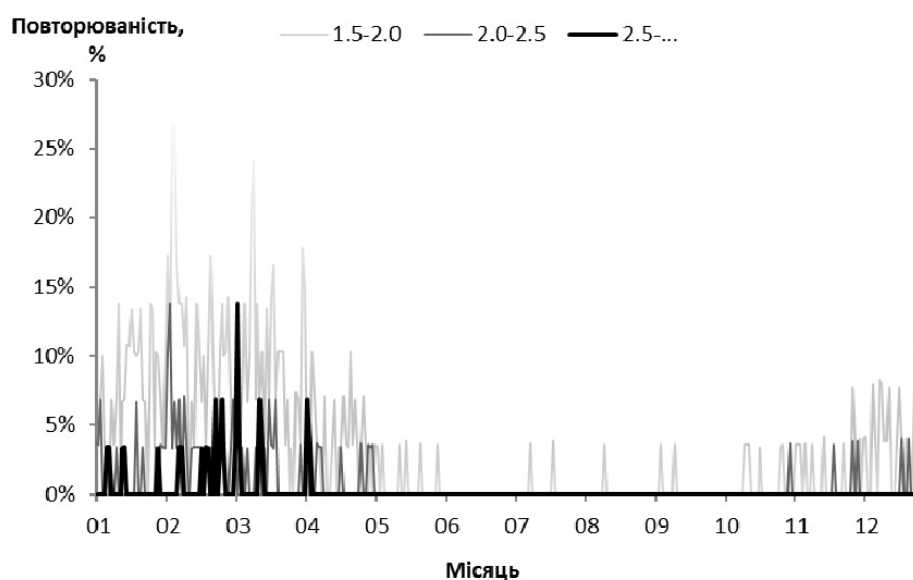


Рис. 1. Повторюваність станів ЗВО протягом року, показники яких лежать в межах  $1.5 - 2\sigma$ ,  $2 - 2.5\sigma$  та більше  $2.5\sigma$  (%).

Зміни повторюваності кожного стану протягом року мають добре виражені сезонні особливості з найбільшим та визначальним внеском першої гармоніки, що дає можливість зробити припущення про можливу визначальну роль сонячного випромінювання у комплексі з фотохімічними реакціями за участі  $\text{NO}_2$ .

Для розрахунку ймовірності переходів між різними станами було розраховано матрицю переходів, що використовується в теорії ланцюгів Маркова. Тоді першим елементом матриці є ймовірність того, що система, знаходячись у стані 1, залишиться в цьому ж стані через певний проміжок часу  $\tau$ ; і т.д. для всіх елементів матриці. Тоді при  $\tau=1$  матриця переходів має вигляд:

$$P = \begin{bmatrix} 0.75 & 0.20 & 0.04 & 0.01 & 0.00 & 0.00 \\ 0.42 & 0.43 & 0.12 & 0.03 & 0.00 & 0.00 \\ 0.26 & 0.33 & 0.28 & 0.10 & 0.02 & 0.01 \\ 0.14 & 0.23 & 0.31 & 0.25 & 0.06 & 0.01 \\ 0.01 & 0.17 & 0.20 & 0.38 & 0.19 & 0.05 \\ 0.18 & 0.14 & 0.04 & 0.11 & 0.21 & 0.32 \end{bmatrix}$$

Матриці переходів для різних  $\tau$  (збільшення інтервалу дискретності) дає можливість поверхневої оцінки глибини пам'яті системи озонового шару.

**Висновки.** Статистичний аналіз відхилень ЗВО показав найбільшу нестабільність системи озонового шару в період з січня по квітень. Динаміка відхилень ЗВО від нормального стану має чіткі сезонні коливання із значним внеском першої гармоніки. Отримані матриці переходів та зміни інтервалу дискретності надають уявлення про глибину пам'яті системи.

\* \*

1. *Дворецька І.В.* Особливості динаміки загального вмісту озону в сучасний період// Наукові праці УкрНДГМІ, Вип. 262, 2012 – сс. 257 – 271.

2. *Дворецька І.В., Сидоренко А.В.* Сучасний стан досліджень наявності взаємозв'язків між сонячною активністю та загальним вмістом озону// Часопис картографії, Вип. 11, 2014 – сс. 148 – 156.

3. *Andrew Dessler.* The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone, San Diego, CA: Academic Press, 2000 – 225 p.

4. *Hoffmann M.J.* Ozone Depletion and Climate Change: Constructing a Global Response. New York, State University of New York Press, 2005 – 276 p.

5. *Peter Fabian, Martin Dameris.* Ozone in the atmosphere: Basic Principles, Natural and Human Impacts. New York: Springer, 2014 – 144 p.

УДК 551.581

**Самчук Є. В.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна  
kilotonns@gmail.com*

## **ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ БЛОКУЮЧИХ БАРИЧНИХ УТВОРЕНЬ В АТЛАНТИКО-ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СЕКТОРІ ПІВНІЧНОЇ ПІВКУЛІ**

Розроблено методику тривимірної ідентифікації баричних утворень. Виділено епізоди блокування в Атлантико-Європейському секторі Північної півкулі за період 1976-2015 роки. Визначено регіони підвищеної повторюваності епізодів блокування.

Атмосферне блокування відіграє значну роль у мінливості режимів переносу над Європою за рахунок здатності на тривалий час переривати домінуючий західний потік і, як наслідок, послаблювати циклонічну діяльність, забезпечуючи близько 15% мінливості клімату у Європі та впливаючи на погоду великих територій. Водночас, не зважаючи на тривалий період вивчення та велику кількість публікацій, присвячених даній проблемі, в метеорології та кліматології досі відсутнє однозначне трактування самого поняття “атмосферне блокування”. Також основний інструментарій вивчення цього явища, а саме методи його ідентифікації, є застарілим, відтак постає необхідність у перегляді основних підходів та критеріїв ідентифікації атмосферного блокування.

Метою даного дослідження є розробка методики тривимірної ідентифікації баричних утворень на основних ізобаричних поверхнях для подальшої ідентифікації атмосферного блокування.

При виконанні дослідження було використано дані проекту NCEP/NCAR Reanalysis II, а саме поля приведенного до рівня моря атмосферного тиску, а також геопотенціалу на ізобаричних поверхнях 850, 700 та 500 гПа на території Північної півкулі у вузлах регулярної сітки розмірністю  $2,5^\circ$  з часовим інтервалом 6 годин.

Основною причиною ненадійності роботи існуючих індексів атмосферного блокування є використання ними опосередкованих ознак блокування та їхнє застосування виключно до ізобаричної поверхні АТ500. Відтак, нова методика ідентифікації блокування повинна оперувати не на площині, а у просторі, і враховувати ознаки блокування, сформульовані в [1]. Відповідно до цього положення, всі баричні утворення нижньої та середньої тропосфери мають розглядатися як просторові структури високого чи низького тиску. Відтак у регіоні

дослідження здійснюється трьохетапна ідентифікація баричних утворень, що включає в себе виділення центрів осередків високого та низького тиску на чотирьох ізобаричних поверхнях, об'єднання виділених центрів у вертикальні профілі та побудова траєкторій баричного утворення впродовж всього часу його існування. В такий спосіб була проведена ідентифікація баричних утворень на території Північної півкулі до 20° пн.ш. за період 1976-2015 роки. З числа ідентифікованих баричних утворень відбирались антициклони на території Атлантико-Європейського сектора з тривалістю існування не менше 120 годин (5 повних діб) та довготним зміщенням не більше 20° довготи. Таким чином було сформовано вибірку з 247 антициклонів.

В якості додаткового критерію при формуванні вибірки блокуючих баричних утворень було використано розташування і характеристики зони їхнього впливу. Під зоною впливу баричного утворення розуміється територія, на яку безпосередньо впливає дане утворення. В рамках даної методики вона визначається шляхом взаємного накладання областей, окреслених замкнутими ізогіпсами даного баричного утворення на різних ізобаричних поверхнях. Взаємне накладання зон впливу за окремі строки впродовж всього періоду існування баричного утворення дає інтегральну зону його впливу. У випадку антициклону, що тривалий час стаціонує в одному регіоні, інтегральна зона впливу має овальну форму з чітким максимумом інтенсивності в її центрі. Взаємне накладання зон впливу різних блокуючих антициклонів за певний період дає чітке уявлення про розподіл зон блокування в регіоні дослідження.

На рис. 1 зображено довготний розподіл повторюваності атмосферного блокування на території Атлантико-Європейському секторі Північної півкулі за означений період. З нього видно, що чітко виділяються три регіони підвищеної повторюваності епізодів

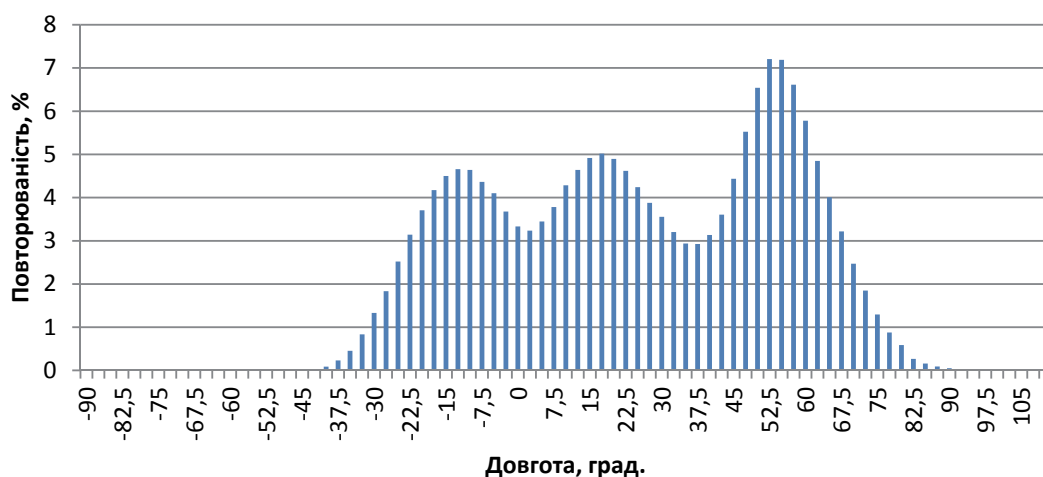


Рис. 1. Інтегральний довготний розподіл повторюваності атмосферного блокування за період 1976-2015 роки.

атмосферного блокування: в районі Британських островів ( $57.5^{\circ}$  пн.ш.,  $12.5^{\circ}$  зх. д.), над Балтійським морем ( $62.5^{\circ}$  пн.ш.,  $17.5^{\circ}$  сх. д.) та на північ від Каспійського моря ( $55^{\circ}$  пн.ш.,  $52.5^{\circ}$  сх. д.).

Однак детальний аналіз просторового розподілу центрів зон впливу окремих блокуючих утворень (рис. 2) показує, що лише 80% від загальної кількості осередків зон впливу блокуючих баричних утворень знаходяться в безпосередній близькості (1000 км і менше) від районів підвищеної повторюваності епізодів атмосферного блокування. Відповідно до цього з метою зменшення ступеню невизначеності при асоціації решти блокуючих баричних утворень з одним із трьох регіонів підвищеної повторюваності епізодів атмосферного блокування необхідні додаткових критеріїв класифікації.

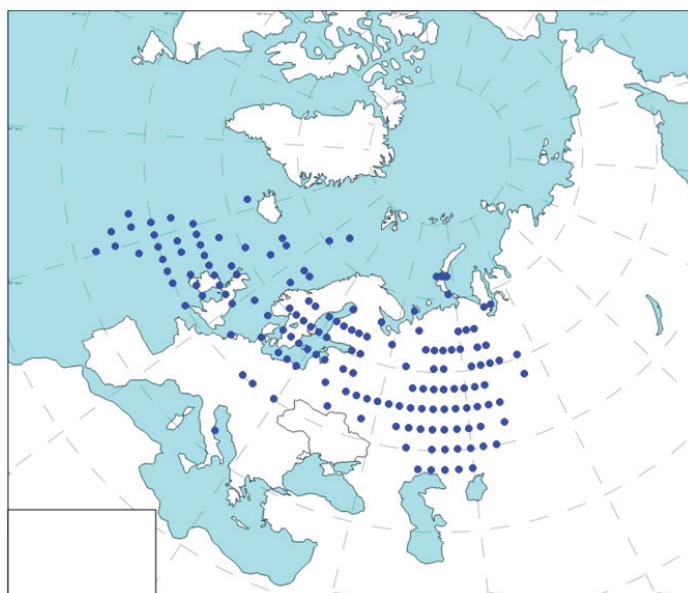


Рис. 2. Просторового розподіл центрів зон впливу блокуючих утворень на території Атлантико-Європейського сектора Північної півкулі за період 1976-2015 роки.

Таким чином, розроблена методика тривимірної ідентифікації баричних утворень дозволила ідентифікувати 247 блокуючих антициклонів на території Атлантико-Європейського сектора Північної півкулі за період 1976 - 2015 роки та виділити три райони підвищеної повторюваності епізодів атмосферного блокування. Отримані результати будуть використані для вивчення часової мінливості характеристик блокуючих баричних утворень та їхньої класифікації.

\* \*

1. Rex D. F. Blocking Action In the Middle Troposphere and its Effect upon Regional Climate. Part I: An Aerological Study of Blocking Action / D. F. Rex // Tellus. – 1950. – Vol. 2, issue 3. – P. 196–211.



УДК 551.577.38+551.555.9

## **Сліже М.О., Ель Хадрі Юссеф**

*Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна  
magribinetsm@gmail.com*

### **ПОВТОРЮВАНІСТЬ СУХОВІЇВ В УКРАЇНІ НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТТЯ**

Дослідження присвячене оцінці просторово-часового розподілу суховіїв на території України в сучасних кліматичних умовах. Суховії як комплексне явище, фіксуються щорічно в різних областях у вегетаційний період і можуть істотно впливати на продуктивність сільськогосподарських культур. Проведено аналіз повторюваності суховіїв у вегетаційний період (квітень-вересень) 2005-2015 рр. по 37 станціям України. Визначено райони та місяці з найбільшою частотою і тривалістю суховіїв в порівнянні з кліматичними показниками цього явища.

Суховії є поширеним на території України небезпечним явищем, що знижує урожайність сільськогосподарських культур. Особливої шкоди суховії завдають яровим зерновим, активний розвиток яких відбувається у весняно-літній період. Суховії здатні в порівняно короткий термін відчутно знизити або повністю знищити врожай.

Дослідження сучасного кліматичного періоду вказують на деякі зміни в структурі синоптичних процесів, що призводять до виникнення суховії в Україні. У роботах Мартазинової В.Ф. і Сологуб Т.А. [3] показано, що в кінці ХХ століття частота синоптичних процесів, що призводять до утворення посушливих явищ на території України, різко зменшилася.

Глобальне потепління, яке почалося в 1974-1983 рр. і триває нині, призводить до суттєвих змін великомасштабної циркуляції атмосфери [3, 4]. Результати спостережень за температурою повітря показують, що тенденція до зростання позитивних аномалій температури в Україні зберігається з 1998 р., в той же час спостерігаються зміни в бік зменшення кількості опадів, що випадають, це є умовою для зростання числа посушливих явищ по всій території країни [1].

Динаміка розвитку суховіїв на території України за більш ніж столітній період була детально досліджена в роботах Татарчук О.Г. і Барабаш М.Б. [4]. Порівняння багаторічних періодів спостережень за суховіями, показало, що середнє число днів з суховіями та їх річний хід в останньому десятилітті ХХ століття, що характеризувалася глобальним

потеплінням, дещо змінилося. У центральному, східному і південному регіонах середнє число днів з суховіями суттєво зменшилось. На півночі і заході України, спостерігалася тенденція до значного збільшення їх числа. Причиною цього зростання може служити той факт, що Україна перебувала в більш посушливих умовах, ніж в попередній період, і це спричинило за собою зростання числа днів з суховіями, особливо в теплий період року.

Мета цієї роботи - визначення особливостей просторово-часового розподілу суховіїв на території України в сучасних кліматичних умовах.

Для дослідження були використані дані щоденних восьмистрокових спостережень за період 2005-2015 рр. з квітня по серпень, на 37 метеорологічних станціях, розташованих в різних агрокліматичних зонах.

Як критерій суховію приймалося одночасне виконання хоча б в один з строків спостереження таких умов [2]: температура повітря  $+25^{\circ}\text{C}$  і вище, швидкість вітру на висоті флюгера  $5\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і більше, відносна вологість повітря в будці 30 % і нижче.

Аналіз повторюваності суховіїв показав, що за досліджуваній період максимальна кількість суховіїв спостерігалася на ст. Асканія-Нова - 287 днів, мінімальна на ст. Житомир - 2 дня. Найбільше число днів з суховієм спостерігалось в Сімферополі в 2012 році - 50 днів.

По всій території країни максимальна середня кількість днів з суховієм спостерігалась в серпні: 5,1 дня у північних та західних районах, 17,2 дня у центрі та на сході, 68,2 дня на півдні та південному сході, мінімальна в квітні (1,7; 2,3; 3,3 дні відповідно). На станціях, розташованих у північних, західних, центральних та східних областях, в травні число суховійні днів вище, ніж в червні і липні.

Найбільше середня кількість днів з суховієм склала: на півночі та заході в 2013 році - 3 дня, в центрі та сході в 2010 році - 8,5 днів, на півдні та південному сході в 2012 році - 25,7 дня. Найменша середня кількість днів з суховієм спостерігалася в північних та західних областях в 2006 і 2009 роках, у центрі та сході в 2006 році і склала менше одного дня. У південном та південно-східному районах мінімум суховіїв відзначався в 2006 році (5 днів).

Аналіз показав, що кількість днів з суховієм збільшується від північно-західних до південно-східних областей України. Так, середнє число днів з суховієм склало 14,7 днів на станціях, розташованих на півночі та заході, 49,7 днів у центрі та сході і майже 163,8 дня на півдні та південному сході. Порівняння отриманих показників з даними просторового розподілу суховіїв на території України в кінці ХХ століття [2, 4] показало, що в цілому їх характер зберігається.

Відносно збільшення кількості днів з суховієм спостерігалось у вегетаційні періоди 2007, 2010, 2012-2014 років. Як показали дослідження циркуляційного режиму атмосфери в ці сезони, над Східноєвропейською рівниною панували антициклональні блокуючі процеси [5], які є потенційно сприятливими для формування суховіїв по південно-східних периферіях стаціонарних антициклонів.

#### Висновки

1. Аналіз повторюваності суховіїв по території України показав, що у період 2005-2015 рр. найменше число днів з суховієм спостерігалось у північних, північно-західних та західних областях, найбільше число суховійні днів фіксувалось в зоні, що лежить на півдні і південному сході країни. Максимальна кількість суховіїв за обраний період спостерігалася на ст. Асканія-Нова, мінімальна на ст. Житомир. Найбільше число днів з суховієм спостерігалось в Симферополі у 2012 році.

2. Аналіз середнього числа днів з суховієм показав, що у 2007, 2010, 2012-2014 рр. спостерігалось відносно збільшення їх числа.

\* \*

1. Балабух В.О. Особливості погодних умов 2014 року в Україні / В.О. Балабух, Л.В. Млицька, О.М. Лавриненко // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2015. – Вип. 267. – С. 28-38.

2. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.

3. Мартазинова В.Ф. Атмосферная циркуляция, формирующая засушливые условия на территории Украины в конце XX столетия / В.Ф. Мартазинова, Т.А. Сологуб // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2000. – Вип. 248. – С. 36-47.

4. Татарчук О.Г. Дослідження просторово-часового розподілу суховіїв на території України в умовах сучасного клімату / О.Г. Татарчук, М.Б. Барабаш // Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. – Вип. 256. – С. 140-154.

5. Cherenkova E.A. Droughts and dynamics of synoptic processes in the south of the East European Plain at the beginning of the twenty-first century / E.A. Cherenkova, I.G. Semenova, N.K. Kononova, T.B. Titkova // Arid Ecosystems. – 2015. – Vol. 5, Issue 2. – Pp. 45-56.

УДК 551.504.31

**Собченко А.Ю., Школьний Є.П., Степаненко С.М.***Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна  
nsobchenko@gmail.com***ЕЛІПТИЧНИЙ НОРМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ КОМПОНЕНТ  
ШВИДКОСТІ ВІТРУ В ПОЛЯРНИХ КООРДИНАТАХ**

В даній роботі розроблено модель багатовимірного розподілу щільності ймовірності вектора вітру, проведено оцінку параметрів розподілу, цікавих у вітроенергетиці.

У кожен фізичний момент і над різними пунктами значення вітру різне. Мінливість його в часі і просторі велика через те, що постійно спостерігаються турбулентності різного масштабу: циклони, антициклони або вихори меншого масштабу. В результаті цього має місце постійна зміна вітру як за напрямком, так і за швидкістю. Через те, що вітер характеризується величиною і напрямком, його розглядають як вектор. Розподіл вітру досліджується або у векторній формі, або окремо по швидкості (величині вектору) і напрямку. Друга форма є більш розповсюдженою стосовно до задач вітроенергетики [1].

В якості вихідних даних були взяті щопівгодинні дані по швидкості і напрямку вітру за період 2001-2014 рр. для дев'яти аеропортів України: Донецьк, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Сімферополь, Харків, Львів, Одеса, Київ і Запоріжжя надані Вайомінгським університетом.

У табл.1 представлені розраховані значення дисперсії ( $\sigma_x^2$ ,  $\sigma_y^2$ ), середньоквадратичних відхилень ( $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ), коефіцієнта кореляцій ( $\rho$ ), параметра еліптичності (L) і тангенса кута між віссю ОХ і великою віссю еліпса ( $\text{tg}2\alpha$ ) для всіх досліджуваних районів за весь термін спостереження. Значення коефіцієнта кореляції велике лише у Львові та Сімферополі. Ймовірніше за все, це пояснюється впливом рельєфу.

Щоб визначити, якою мірою розсіювання векторів відмінно від кругового, вживають величину L, що дає ступінь еліптичності розсіювання. Значення L буде визначатися співвідношенням характеристик розсіювання  $\sigma_x$  і  $\sigma_y$  по обох осях. Чим більше  $\sigma_x$  відрізняється від  $\sigma_y$ , тим більше витягнутим ставатиме еліпс, а L наближатиметься до нуля.

Таблиця 1

## Статистичні характеристики вектору вітру

	Одеса	Київ	Дніпропетровськ	Донецьк	Запоріжжя
$\sigma_x$	3,9	3,1	3,0	2,8	2,9
$\sigma_y$	2,9	2,8	3,5	4,0	3,1
$\sigma_x^2$	14,8	9,6	9,3	8,1	8,7
$\sigma_y^2$	8,5	8,0	12,4	15,9	9,7
$\rho$	-0,050	0,057	-0,045	0,082	0,004
L	0,96	0,99	0,99	0,94	1,00
$\text{tg}2\alpha$	-0,181	0,724	0,316	-0,243	-0,064
	Кривий Ріг		Сімферополь	Харків	Львів
$\sigma_x$	3,2		3,3	2,6	2,3
$\sigma_y$	3,2		4,2	3,3	3,0
$\sigma_x^2$	10,1		11,2	7,0	5,1
$\sigma_y^2$	10,2		17,3	11,1	8,9
$\rho$	-0,027		-0,539	0,037	0,287
L	1,00		0,82	0,97	0,92
$\text{tg}2\alpha$	-0,619		-0,820	-0,160	-1,587

У припущенні про відсутність кореляційної зв'язку між компонентами швидкості вітру, було отримано вираз для щільності спільного нормального розподілу незалежних випадкових величин в полярній системі координат [2].

$$\varphi(r, \alpha) = \frac{r}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{r^2}{2} \left( \frac{\cos^2 \alpha}{\sigma_x^2} + \frac{\sin^2 \alpha}{\sigma_y^2} \right)} \quad (1)$$

де  $r$  - модуль вектору вітру;

$\alpha$  - полярний кут.

За допомогою (1) була знайдена умовна щільність ймовірності вектора швидкості вітру. Вона має вигляд:

$$\varphi(r / \alpha) = \frac{\varphi(r, \alpha)}{\int_0^r \varphi(r, \alpha) dr} \quad (2)$$

$$\varphi(\alpha / r) = \frac{\varphi(r, \alpha)}{\int_0^{2\pi} \varphi(r, \alpha) d\alpha} \quad (3)$$

Висновки:

1. У загальному вигляді отримано рішення для багатовимірного розподілу вектора вітру з урахуванням кореляційної залежності компонент на основі якої будуть проведені чисельні експерименти для пунктів, де спостерігається кореляційний зв'язок між компонентами складових вектору швидкості вітру;

2. Отримано підтвердження припущень дослідників другої половини двадцятого століття про істотну залежність компонент вектору вітру;

3. Обґрунтовано орографічні причини існування кореляцій вектору вітру для низки регіонів України;

4. Розроблено математичну модель, універсальну в сенсі географічного застосування. Відповідно, подальше дослідження обмежене лише і виключно обсягом наявних даних.

\* \*

1. Гутерман И. Г., Распределение ветра над северным полушарием, Л., 1965. – 252 с.

2. Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]– К.: Міносвіти України, 1999.– 600 с.

УДК 551.524

**Писаренко Л.А.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
lolinal@ukr.net*

## **СУМИ АКТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ ТА ЇХ БАГАТОРІЧНІ ЗМІНИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

Проведено дослідження закономірностей просторового розподілу сум активних температур повітря. Дається оцінка сучасних властивостей і тенденцій зміни теплових ресурсів території України у період активної вегетації сільськогосподарських культур, а також оцінка міждекадного приросту сум активних температур повітря по фізико-географічним зонам України.

Тепло є одним з основних чинників росту, розвитку і формування урожаю сільськогосподарських культур, а оцінка теплових ресурсів території належить до першочергових завдань агрометеорологічного обґрунтування діяльності галузей сільськогосподарського виробництва. У сучасних умовах зміни клімату визначення потенціалу теплових ресурсів має важливе наукове і прикладне значення.

За останні роки у даному напрямку була здійснена комплексна оцінка теплових ресурсів території України у період вегетації сільськогосподарських культур [2] за період 1961 до 2000 рр.; представлено значення та показники мінливості основних характеристик агрокліматичних ресурсів за 1986–2005 рр. по адміністративним областям України [1]; проведено аналіз змін теплових ресурсів України за базовий(1986–2005рр.) і сценарний (2011–2030 рр.) [3] періоди з використанням кліматичної моделі зміни клімату MPI-M-REMO. Проте подальшого поглиблення потребують питання, пов'язані з вивченням особливостей просторово-часового розподілу основних показників теплозабезпеченості території України, зокрема з урахуванням останнього десятиріччя.

**Метою дослідження** є оцінка сучасних властивостей і тенденцій зміни теплових ресурсів території України у період активної вегетації сільськогосподарських культур.

Для дослідження закономірностей просторового розподілу сум активної температури повітря використано дані по середньодекадній температурі повітря і датах стійкого переходу середньої добової температури повітря через 10 °С 73 гідрометеорологічних станцій

України, за винятком гірського Криму. Проведено аналіз середніх багаторічних сум активних температур повітря у період (1961–2014 рр.), та оцінку їх зміни у сучасний період (1991-2014 рр.) відносно кліматичної норми (1961-1990 рр.).

Встановлено, що суми активних температур, накопичених на кінець періоду активної вегетації, збільшилися майже по всій території України (рис.1). Максимальна різниця сум між періодами виявлена у західній частині Полісся, Прикарпатті та Карпатах, яка становить 200-300°C. Суттєвих змін також зазнали східна та західна частини Лісостепу та Степу – різниця коливається у межах 250-170°C.

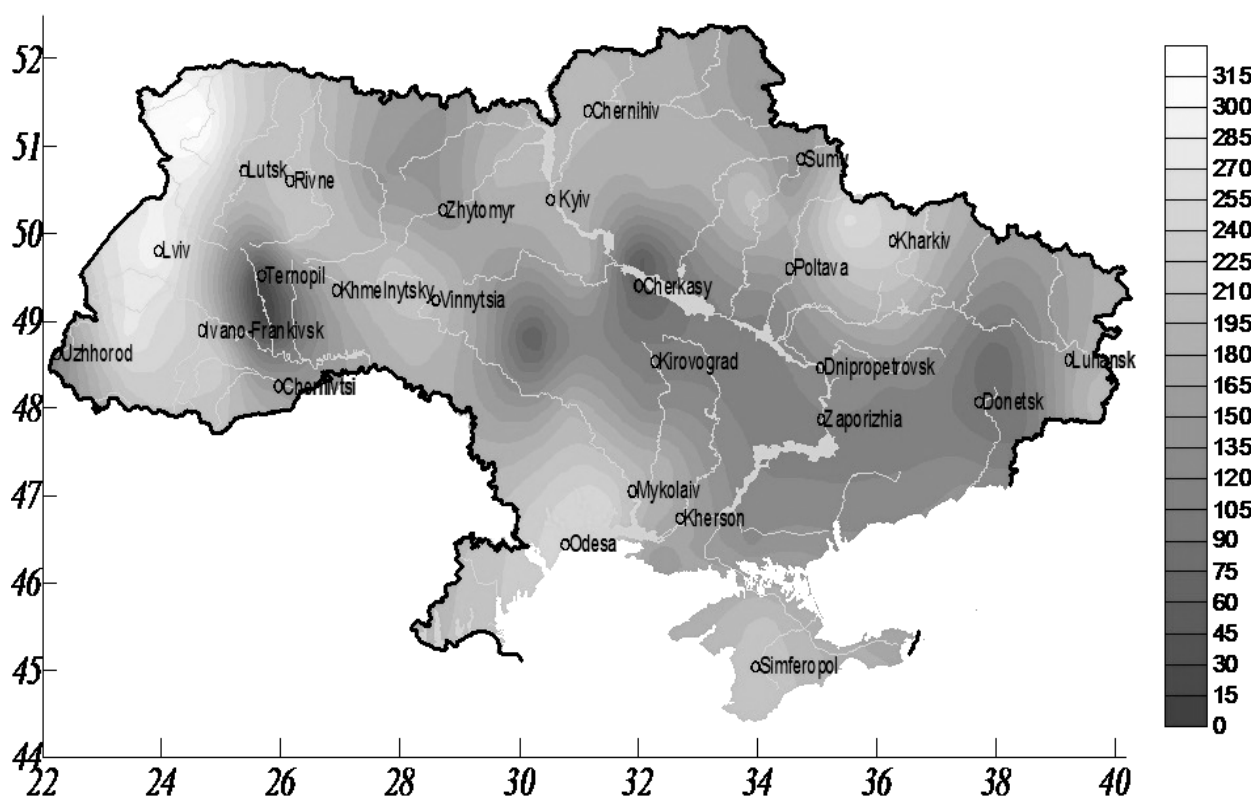


Рис.1. Різниця між сумами активних температур за періоди 1961-1990 рр. та 1991-2014 рр.

Проведено оцінку накопичення сум активних температур повітря та міждекадного приросту у фізико-географічних зонах України. В середньому з 2 декади травня до 2 декади вересня по всій території України відбувається накопичення сум активних температур. Найбільш інтенсивне їх накопичення спостерігається у липні та серпні, які є найтеплішими місяцями. Найінтенсивніший приріст відбувається у 3 декаді липня і становить 200-240°C.



\* \*

1. *Адаменко Т. І.* Агрокліматичний довідник по Київській області / Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіда, Л. А. Прокопенко. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2010. – 184 с.

2. *Бабіченко В. М.* Клімат України / В. М. Бабіченко, В. А. Дячук, В.М. Ліпінський. – Київ: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.

3. *Божко Л. Ю., Боровська Г. О., Дронова О. О., Польовий А. М.* Зміна показників термічного режиму повітря в Україні на період до 2030 р // Український гідрометеорологічний журнал, Вип. 14, 2014.- сс. 95-104.

УДК 504.38

**Покотило Н.Л.***Природничо-науковий ліцей №145, м. Київ, Україна  
nazarpoko@gmail.com***АНАЛІЗ БАГАТОРІЧНИХ ДАНИХ  
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ  
У МІСТІ РАДЕХОВІ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Проаналізовано багаторічний ряд любительських вимірювань температури повітря у м. Радехові Львівської області (1985-2013рр.). Доведено що ці дані спостережень відповідають максимальній температурі повітря на найближчих метеостанціях – Броди і Кам'яка-Бузька і можуть використовуватись для наукового аналізу. Проведено аналіз річного ходу температури повітря та зміни середньої за рік температури повітря в м.Радехів з 1985 по 2013рр. За допомогою вейвлет-аналізу виявлено періодичні коливання річної амплітуди температури повітря – 10 і 3-4 роки.

Використання любительських спостережень за явищами природи набуває все більшого поширення усвіті, особливо з розвитком доступних для населення приладів для спостережень та засобів зв'язку. Так, NationalSolarObservatory(США) залучає громадян до дослідження сонячного затемнення. Університет Глазго пропонує любителям вимірювати швидкість світла шляхом моніторингу часу затемнення супутників Юпітера. Така діяльність має назву – "citizenscience" [1, 2]. Поява персональних метеостанцій відкрила нові можливості для спостережень за погодою. Інформація про стан атмосфери, отримана за допомогою цих приладів, через персональні засоби зв'язку передаються на сервери організацій що проводять моніторинг погоди. Залучення більшої кількості людей до спостережень за погодою дозволяє створювати суспільні кліматичні обсерваторії, що є одним із пріоритетних напрямків у галузі метеорології та кліматології. В Україні при недостатній щільності існуючих метеорологічних спостережень (від 2 до 7 і більше метеостанцій на 10 тис.км<sup>2</sup>) отримання додаткової інформації про погоду та її регіональні особливості є дуже актуальним завданням.

Родина Покотилів проводила любительські спостереження за температурою повітря у м. Радехові Львівської області протягом 30 років –

з 1985 по 2013 рік. Спостереження здійснювалися щоденно о 15 год за місцевим часом. Термометр протягом усього періоду спостережень був розташований незмінно в одному місці.

Метою дослідження є обґрунтування правомірності проведення любительських спостережень за погодою і можливості використання отриманих результатів у наукових дослідженнях

Кореляційний аналіз середніх за місяць значень температури повітря у м. Радехів та середніх максимальних за місяць значень температури на метеостанціях Броди і Кам'янка-Бузька (найближчих до пункту спостережень) показав, що вони добре узгоджуються між собою. Коефіцієнт кореляції перевищує 0,9.

Порівняльний аналіз сезонного розподілу температури повітря підтвердив отримані висновки: річний хід температури у цих пунктах спостережень ідентичний (рис.1). Проте, виявилось що температура повітря у м.Радехів на 0,2-0,3°C нижча ніж у Кам'янці-Бузькій та Бродах. Це зумовлено більш північним розташуванням міста.

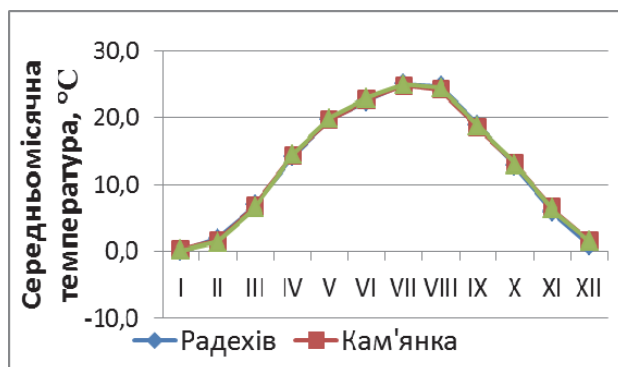


Рис. 1. Сезонний розподіл максимальної температури повітря у пунктах спостереження

Таким чином встановлено, що любительські спостереження за температурою повітря у м.Радехів, проведені родиною Покотилів, добре узгоджуються зі спостереженнями на найближчих метеорологічних станціях, відображають часовий розподіл максимальної температури, характерний для даного регіону і можуть використовуватись для наукових досліджень.

Для прикладу проведено оцінку закономірностей часового розподілу середньої за рік максимальної температури повітря та її річної амплітуди у м.Радехів у період з 1985 по 2013рр. (рис.2, 3).

Встановлено, що протягом цього періоду в м.Радехів, як і в Бродах та Кам'янці-Бузькій, спостерігались однакові коливання середньої за рік максимальної температури. Для них також був характерний додатній тренд, що свідчив про підвищення максимальної температури повітря протягом досліджуваного періоду (рис.2). Проте, швидкість зміни цього показника відрізнялась: у Радехові вона була 0,2°C/10років, у Кам'янці-Бузькій –0,4°C/10років, а в Бродах – 0,6°C/10років (рис.2).

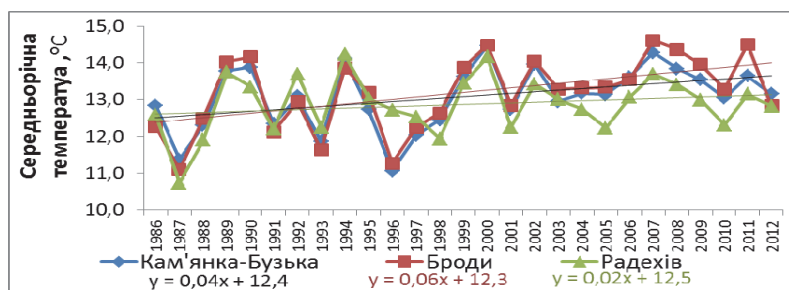


Рис. 2. Зміна середньорічної температури в Радехові, Бродах і Кам'янці-Бузькій

Вейвлет-аналіз річної амплітуди максимальної температури повітря показав наявність сезонних коливань та періодичні зміни кожні 10 років і менш виражені кожні 3-4 роки (рис.3). На рисунку 3 ці особливості позначено висотою і кольором вершин. Ця періодичність характерна для атмосферних процесів, що формують клімат регіону.

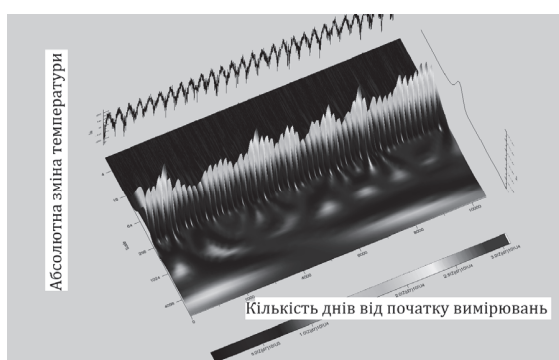


Рис. 3. Результат вейвлет-аналізу даних вимірювання температури повітря в м.Радехові

**Висновки.** Любительські дані спостережень за температурою повітря в м.Радехів, отримані родиною Покотилів, узгоджуються з даними спостережень найближчих метеостанцій Броди та Кам'янка-Бузька, відображають часовий розподіл температури, характерний для даного

регіону. Встановлений тренд зміни середньої за рік температури повітря (0,2°C/10) протягом 1985-2013 відповідає глобальним тенденціям змін температури, а виявлені періодичні коливання річної амплітуди температури повітря (10 і 3-4 роки) характерні для атмосферних процесів, що формують клімат регіону.

Таким чином проведені дослідження показали правомірність проведення любительських спостережень за погодою і можливість використання отриманих результатів у наукових дослідженнях.

\* \*

1. Citizen Science for the Great American Solar Eclipse  
<http://www.skyandtelescope.com/get-involved/pro-am-collaboration/citizen-science-great-american-solar-eclipse/>

2. Citizen science experiment to measure the speed of light  
<https://blogs.glowscotland.org.uk/glowblogs/eslb/2015/05/27/citizen-science-experiment-to-measure-the-speed-of-light/>

3. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // УФН. - 1996. - Т. 166, № 11. - С. 1145 – 1170.

УДК 551.524.37

**Чигарева А.Ю., Прусов В.А.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ  
chinastuha@gmail.com, vitaliy@softick.com*

## **РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ХМАРОУТВОРЕННЯ**

Розроблена математична модель хмароутворення. Визначено значення граничної температури для фазових перетворень вологи з газоподібного у рідкий або твердий стан. Запропоновано також формулу розрахунку значення граничної відносної вологості для визначення моменту фазових перетворень вологи. Побудовано ітераційний процес, що дозволяє досягнути рівноваги значень метеорологічних величин при фазових переходах вологи в атмосфері. Модель протестована шляхом порівняння розрахованих вертикальних профілів основних метеорологічних величин з фактичними даними радіозондування. Проведена оцінка розрахованих вертикальних розподілів температури повітря, відносної вологості, потенційної температури по відношенню до експериментальних даних. Отримані абсолютні помилки свідчать про те, що розроблену модель можна застосовувати для розрахунків процесів хмароутворення, але потребують уточнення коефіцієнти в рівняннях.

*Актуальність роботи.* Теоретичні дослідження і розробка чисельних моделей хмароутворення необхідні, оскільки кількість пов'язаних з хмарами та опадами несприятливих метеорологічних явищ та їх інтенсивність постійно зростають. Хмари впливають на режим зволоження, радіаційний і термічний режими, є суттєвим джерелом потенціальної помилки при загальному моделюванні атмосфери. Тому важливо швидко і точно прогнозувати утворення хмарності.

Розробкою моделей для дослідження та прогнозування процесів хмароутворення займаються провідні країни світу. В колорадському університеті розроблена модель RAMS для дослідження чутливості динаміки і мікрофізики хмар до варіацій концентрації ядер конденсації. Модель Енгора і Німецька модель (EM, DM) – тривимірні моделі, що використовують систему базових рівнянь з комбінованими вертикальними координатами і включають параметризацію процесів конденсації й утворення опадів. Моделювання перистих хмар і хмар нижнього ярусу було проведено в рамках EUCREX (Європейський експеримент по хмарах і радіації). В країнах Азії застосовується модель

MM5, що розроблена в Національному центрі атмосферних досліджень (NCAR) США і адаптована до місцевих умов. Сьогодні найбільше уваги вчені приділяють дослідженню утворення шаруватоподібної і конвективної хмарності. Кожна модель має свої переваги в залежності від задач, що перед нею ставляться. Досі залишаються питання, що потребують дослідження і розв'язання. Наприклад, спрощення системи рівнянь не втрачаючи точність розрахунків; встановлення повної кореляції між модельними даними і даними спостережень.

*Метою цього дослідження* була розробка моделі хмароутворення на основі рівнянь гідродинаміки для випадку вологоадіабатичного процесу.

В результаті перетворення рівняння Клаузіуса-Клапейрона запропоновано значення граничної температури  $T_{гр}=260.4^{\circ}\text{K}$  фазових переходів вологи: вважаємо, що за температури вище  $T_{гр}$  відбувається перехід атмосферної вологи з газоподібного у рідкий стан, а за нижчої температури – у твердий. На основі перетворень відношення пружностей насиченої пари над льодом  $E_{л}$  і над переохолодженою водою  $E_{в}$ , які наведені в [1], запропоновано формулу визначення граничної вологості  $f_{гр}$  для моментів фазових переходів вологи.

*Модель хмароутворення містить наступну систему рівнянь:*

- для граничної температури ( $T_{гр}$ ):

$$T_{гр} = 273,15 \left[ 1 - \frac{\ln(C_{в}/C_{л})}{C_{в} - C_{л}} \right]^{-1},$$

де  $C_{в}$  – питома теплоємність води,  $C_{л}$  – питома теплоємність льоду

- для граничної вологості ( $f_{гр}$ ):

$$f_{гр} = \exp(0,0097169T - 2,6527)$$

- для величини зміни питомої вологості ( $\Delta q$ );

$$\Delta q \approx \xi \frac{E}{p - (1 - \xi)E} (f - f_{гр}), \quad \text{де } \xi = R/R_{п} = 0,62197$$

- для зміни потенційної температури ( $\Delta\theta$ )

$$\Delta\theta = -\frac{L}{c_p} \left( \frac{p_{00}}{p} \right)^{R/c_p} \Delta q + \alpha(\Delta q), \quad \text{де } \alpha(\Delta q) = 0(\Delta q) \text{ за } \Delta q \rightarrow 0.$$

- для пружності насиченої пари над водою та льодом (E) [1];
- для прихованої температури випаровування і сублимації (L) [2];
- для відношення маси водяної пари до маси сухої частки повітря і парціального тиску водяної пари (e, r) [3].

Система рівнянь розв'язувалась за допомогою методу послідовних наближень, алгоритм якого реалізовано у мові FORTRAN на ПЕОМ за

допомогою ітераційного процесу, що дозволяє досягнути рівноваги значень метеорологічних величин при фазових переходах вологи.

Дослідження проводились на основі даних радіозондування Києва, Харкова, Одеси, Львова, Чернівців. Для кожного міста було досліджено три випадки різного стану погоди. Наявність хмарності, опадів, їх інтенсивність та висоту верхньої межі хмарності визначались за допомогою ресурсу [5]. Розрахунки профілів метеорологічних параметрів проводилися для випадків: ясних і хмарних днів, а також днів із зливовими опадами січня 2015 року. Вхідними даними для розрахунків програмами були дані радіозондування [4].

*Аналіз отриманих результатів.* Для кожного параметру ряд даних становив 86 значень. Висота хмарності, отримана в моделі експериментальним шляхом відрізнялась від значень спостережень на 100-300м. В окремих випадках було зафіксовано до 3х рівнів хмарності. Так як під час спостережень висота хмарності встановлюється непевно, то розраховану висоту можна вважати точнішою межею хмарності. Для температури середня абсолютна помилка (модуль різниць фактичних і розрахованих значень) становила  $0,32^{\circ}\text{C}$  з максимальним і мінімальним значеннями  $0,88^{\circ}\text{C}$  і  $0,01^{\circ}\text{C}$  відповідно. Для вологості середня абсолютна помилка становила 6% з максимумом 16% у день із зливовими опадами та мінімумом 0,4%. Для потенційної температури ця помилка –  $0,39^{\circ}\text{C}$ , з максимумом  $1,07^{\circ}\text{C}$ .

Таким чином, побудована модель дозволяє з достатньою точністю визначати наявність фазових перетворень вологи в атмосфері.

\* \*

1. *Матвеев Л.Т.* Динамика облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.
2. *Прусов В.А., Сологуб Т.А.* Модель вертикального стовпа горизонтально однорідної атмосфери // Наук.пр.УкрНДГМІ. – 2010. – Вип. 259. – С. 61-72.
3. *Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І.* Метеорологія.-К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010-592с
4. University of Wyoming - <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
5. Погода та клімат - <http://pogodaiklimat.ru/archive.php>



УДК 551.509.9

**Щеглов О.А.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна  
aleshcheglov@gmail.com*

## **ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА АБСОЛЮТНИХ ВІДХИЛЕНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ АНАЛОГІЧНОСТІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОЛІВ**

Розглядаються існуючі критерії аналогічності метеорологічних полів. Пропонується новий критерій, який дозволяє об'єднати дві характеристики метеорологічних полів, які відповідають за: а) геометричну форму поля, б) сумарні абсолютні відхилення обраної метеорологічної величини в точках регулярної сітки.

Циркуляції атмосфери як основному погодоутворюючому чиннику приділяють найбільшу увагу при розробці прогнозів погоди. У прогностичній практиці виникає проблема передбачуваності, на яку вперше звернув увагу Лоренц, що обмежує можливості існуючих гідродинамічних моделей. Цей факт актуалізує розробку статистичних та фізико-статистичних моделей для цілей середньо- та довгострокового прогнозування погоди, що є важливою задачею, вирішення якої може бути корисним для багатьох галузей економіки. В методах довгострокових прогнозів погоди однією із важливих задач є класифікація макромасштабних синоптичних процесів, і, в тому числі, розпізнавання аналогічних полів розподілу метеорологічних величин. Для розпізнавання використовуються різні підходи і критерії аналогічності. В роботах радянської школи (Багров, Груза, Мартазінова, Юдін та ін.) традиційно використовуються два типи критеріїв подібності: геометричні (дельта-типу) та евклідова метрика або її модифікації [2]. В роботах західних авторів (Lorenz, Van den Dol, Barnston, Livezey та ін.) переважно користуються коефіцієнтом кореляції та евклідовою метрикою (RMSD). В [3] розглядаються кілька альтернативних індексів подібності (uncentered anomaly correlation, Hodgkin-Richards (H-R) index, Petke index, Wang-Bovik index, SSIM index). Використання критеріїв, що відповідають за різні характеристики поля у відриві один від одного не завжди є інформативним. Для вирішення цієї проблеми існує графічний метод у вигляді діаграми Тейлора [4], яка дозволяє оцінити подібність за 4

параметрами (стандартне відхилення кожного з полів, коефіцієнт кореляції та RMSD). Варто зазначити, що графічний метод зручний лише у випадку порівняння між собою малої кількості полів.

Метою даного дослідження було розробити показник, який би дозволяв зменшити кількість критеріїв при ідентифікації аналогічних метеорологічних полів з метою класифікації синоптичних процесів. Запропонований критерій поєднує в собі принципи обчислення непараметричних та параметричних показників. Нехай у кожній точці регулярної сітки задано деяке значення метеорологічної величини. Тоді поле її розподілу може бути представлено у вигляді суми [1]:

$$g(x, y) = k(x, y) + q(x, y) \quad (1)$$

де  $k$  – деяке згладжене поле,  $q$  – «викиди»,  $x, y$  – координати. Для вирішення задачі зі встановлення аналогічності з базовим полем поставимо завдання позбутися викидів, залишаючи  $k(x, y)$  для порівняння з відповідним сигналом  $k'(x, y)$  базового поля. Процедура отримання  $k(x, y)$  із  $g(x, y)$  може бути реалізована за допомогою квантування. Метод квантування полягає в розбитті амплітуди даного поля розподілу метеорологічної величини на обмежену кількість частин (далі – градацій), однакових за кількістю значень. При чому кількість градацій та інтервал між ними (можливий варіант нерівномірних інтервалів) залежить від конкретного завдання і особливостей розподілу метеорологічної величини [1].

Розглянемо випадок розбиття  $g(x, y)$  на кілька рівних градацій. Кількість градацій може бути задана найпростішим способом, який застосовується в статистиці:

$$h = 5 \ln N \quad (2)$$

Нехай базове поле метеорологічної величини та поле, що з ним порівнюється, представлені у вигляді вектора  $E(e_1, e_2, \dots, e_n)$  та  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . При розділенні полів на  $h$  градацій, для кожного з них обчислюються значення  $h-1$  перцентилів без врахування 0% та 100% з інтервалом  $l=1/h$ . До елементів вектора  $X$  застосовується процедура їх порівняння з обчисленими перцентиллями  $p_j$ , при якій формується вектор трансформованих величин  $K(k_1, k_2, \dots, k_n)$  за умовою: а)  $k_i=0$  при  $x_i \leq p_j, j=1$  б)  $k_i=j$  при  $p_{j-1} < x_i \leq p_j, j \neq 1$  в)  $k_i=h-1$  при  $x_i > p_j, j=h-1$ , де  $j$  – номер перцентилля. Аналогічна операція застосовується і до базового поля  $E$ . Величини  $K'$  базового поля  $E$  віднімаються по модулю від відповідних величин  $K$  поля  $X$ , після чого знаходиться середнє значення. Обчислений

показник вказує на те, скільки градацій ранжованого ряду в середньому знаходиться між значеннями в кожній точці. Ця величина вказує тільки на геометричну подібність полів. Кінцева формула коефіцієнту, який має враховувати геометричні характеристики і абсолютні відхилення має вигляд:

$$GE = 1 - \frac{4l}{N} \sum_{j=1}^N \frac{|x_j - e_j| |k_j - k'_j|}{m_j}; \quad -1 \leq GE \leq 1, \text{ при } m_j = 0.5A_j \quad (3)$$

де  $x_j$ ,  $e_j$  – значення  $j$ -тих елементів порівнюваного та базового полів,  $k_j$ ,  $k'_j$  – трансформовані величини  $j$ -тих елементів полів,  $l$  – інтервал між перцентилями в долях одиниці,  $A$  – амплітуда метеорологічної величини (кліматична характеристика для кожного місяця),  $m$  – параметр, що задається залежно від встановленої чутливості до коливань. Оптимальна величина  $m = 0,5A$ , що задана в кожній точці, дозволяє зберегти розмірність коефіцієнту від -1 до 1 (оскільки фактичні відхилення  $x_j$  від  $e_j$  не є більшим, ніж можливі). Значення  $GE \approx 0,8$ , що відповідає середньому значенню цього показника за період інерції процесів, дозволяє говорити про хорошу аналогічність полів.

Для коректного використання запропонованого критерію при виявленні аналогічних полів необхідно враховувати: а) у випадку виділення градацій з однаковим інтервалом слід використовувати дані лише помірних широт; б) по довготі поля мають охоплювати не менше третини півкулі (для прояву як мінімум двох центрів дії атмосфери з високим та низьким тиском); в) варто порівнювати лише поля одного сезону. Використання показника  $GE$  може полегшити виділення таких пар об'єктів як сильно схожі аналоги, слабо схожі аналоги, анти-аналоги (антилоги) і зменшити кількість показників, які залучаються при багаторівневому порівнянні синоптичних процесів.

\* \*

1. Дуда Р., Харп П. Распознавание образов и анализ сцен / М.: Мир – 1976– пер.с англ. – 509 с.
2. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Metod of Analog // J. Environ. Sci. Eng. – 2005. – 7. – pp. 61-65.
3. Mo R., Ye C., Whitfield P. H. Some Similarity Indices with Potential meteorological Applications // National Laboratory for Coastal and Mountain Meteorology. Technical Report – 2013. – No. 2013-002 – Vancouver–27 P.
4. Taylor K.E. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram// Journal of Geophysical Research: Atmospheres – 2001. – Vol.106. – D7.– pp.7183-7192

УДК 433.91.910.910.3

**Василів О.В.**

*ПП «Навчальний заклад «Європейський колегіум», м. Київ, Україна,  
Відділення наук про Землю, секція кліматологія та метеорологія КПНЗ  
«Київська Мала академія наук учнівської молоді»  
olyavasiliv@ukr.net*

## **ВПЛИВ ВІДВІДУВАЧІВ НА МІКРОКЛІМАТ БЛИЖНІХ ПЕЧЕР КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ**

Проведено аналіз чинників, що впливають на мікроклімат відгалужень Ближніх печер Національного Києво-Печерського історико-культурного заповідника пристосованих та непристосованих для відвідувачів. Встановлено вплив відвідувачів на мікроклімат Ближніх печер.

Успенська Києво-Печерська лавра належить до найбільших та найдревніших (заснована у 1051р.) православних святинь України, є визначною пам'яткою історії та архітектури, яка внесена до переліку Світової спадщини ЮНЕСКО.

Характерною рисою мікроклімату печер Києво-Печерської лаври є відсутність від'ємних та менших 5°C і більших 30°C температур повітря, коливання відносної вологи в межах від 40 до 100% та відсутність турбулентного руху повітря. Тепло та волога до печер надходить переважно через вентиляційні отвори [1].

На мікроклімат печер Києво-Печерської лаври впливає безліч чинників: стан навколишнього середовища, кількість відвідувачів, внутрішнє оздоблення стін, глибина залягання печер, наявність вентиляційних отворів, частота проведення богослужінь та ін. Також фактором впливу є розташування приміщень, їх типи. Печери мають закриті для відвідувачів відгалуження та місця особливого скупчення людей.

Не менш важливим є внутрішнє оздоблення стін. В Лаврських печерах є ділянки проходів обкладені цеглою, покриті штукатуркою та побілені. А є ґрунтові стіни, які взимку віддають вологу, а влітку – навпаки – вбирають її.

Одним із чинників, що формують мікроклімат Ближніх печер є глибина їхнього залягання. Ближні печери залягають на глибині від 5 до 18 метрів. Амплітуда коливань показників температури і вологості в

глибоких печерах значно менша, в порівнянні з тими, які розміщені неглибоко і за літній період встигають прогрітися, а взимку – промерзнути.

Кількість відвідувачів, частота проведення богослужінь, палаючі свічки теж є своєрідним фактором впливу на мікроклімат печер. Наприклад, якщо в богослужінні брало участь 10 людей, то за годину ритуалу температура повітря зростає приблизно на 6°C, а відносна вологість збільшиться на 30-40 %.

Аналіз температури повітря та вологості в церкві преподобного Варлаама, де проходять богослужіння та у відгалуженні печер на вул. Біснуватих, закритих для відвідувачів, показали, що амплітуда коливань температури та вологості суттєво залежить від кількості відвідувачів. Так у вихідні та святкові дні, коли кількість відвідувачів Києво-Печерської лаври значно зростає, відмічається підвищення температури та відносної вологості повітря в церкві преподобного Варлаама і зниження її у робочі дні тижня. Для відгалуження печер на вул. Біснуватих характерна незначна амплітуда цих показників (рис.1, 2). Як видно з рисунків 1 та 2 значне підвищення температури повітря і відносної вологи в церкві преподобного Варлаама спостерігається з середини квітня. Воно пов'язано із святкуванням православними Великодня, яка у 2015 відмічалась 12 квітня, та святковими великодніми богослужіннями.

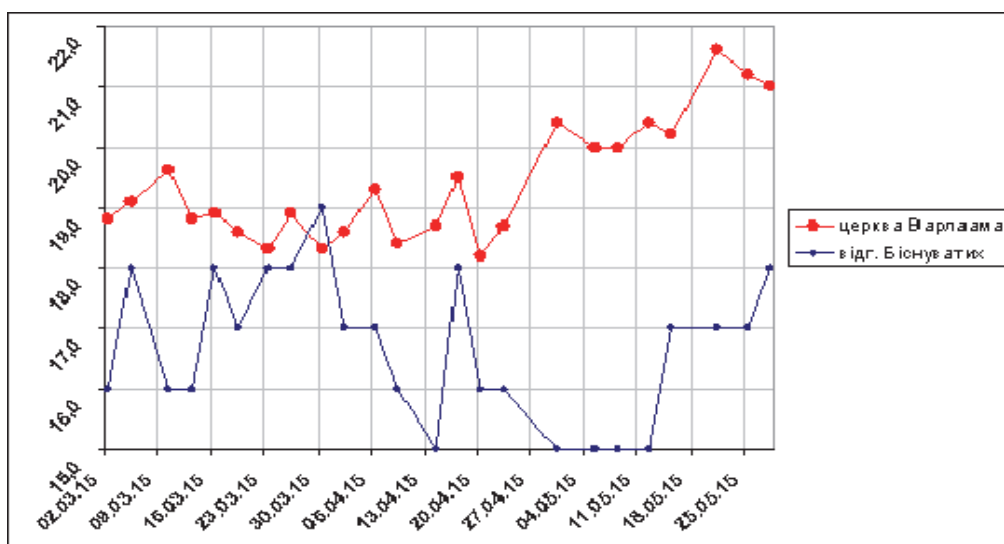


Рис. 1. Коливання температури повітря у відгалуженні печер на вул. Біснуватих та в церкві преподобного Варлаама. Березень-травень 2015 р.

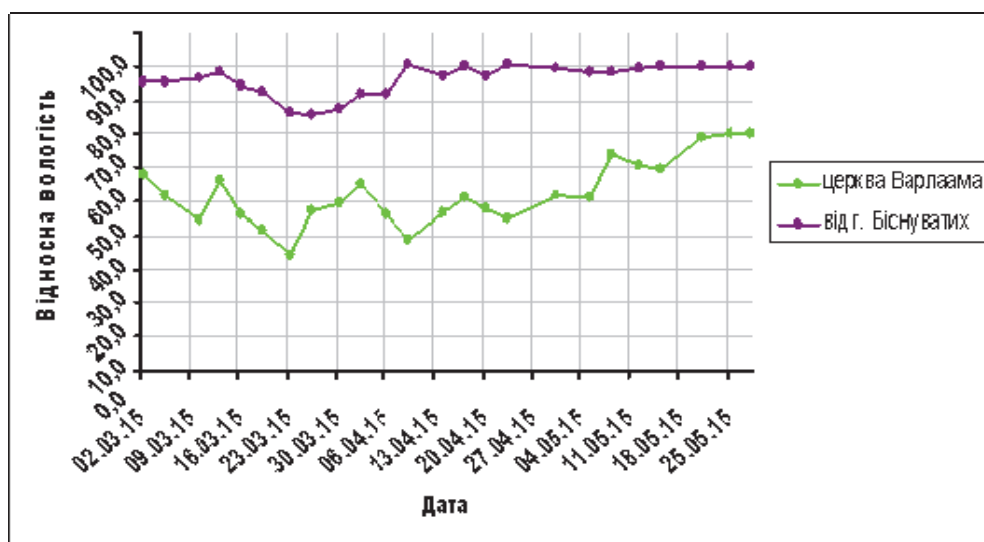


Рис. 2. Коливання відносної вологості повітря у відгалуженні печер на вул. Біснуватих та в церкві преподобного Варлаама. Березень - травень 2015 р.

Мікроклімат відгалужень печер, не пристосованих для відвідувань, є доволі цікавим для дослідників і має свої особливості. Аналіз відносної вологості та температури повітря у печерах на вулиці Біснуватих показав порушення режиму температури і вологи у 2005 році. Ці зміни сталися через аварійний обвал склепіння. Проникнення теплого повітря через отвір та його реакції з прохолодним повітрям галереї сприяли утворенню конденсату влітку. Ліквідація обвалу у 2006 р. з улаштуванням технічного отвору, привели до відновлення режиму температури і вологи в печерах.

**Висновки.** Мікроклімат Ближніх печер Києво-Печерської лаври, зокрема температурний режим та режим вологи залежить від кількості відвідувачів. Збільшення їхньої кількості приводить до підвищення температури повітря та відносної вологи печер, що особливо характерно для вихідних та святкових днів.

\* \*

1. Рыбин В.Ф., Скальский А.С., Куцыба В.А., Канарева О.С. Комплексные исследования с целью охраны ближних пещер. Киев, 1991. – 53 с. (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР).

2. Черевко І.А. Звіти про дослідження чинників впливу на мікроклімат Ближніх печер Києво-Печерської лаври.

УДК 551.58

**Гончаренко О.В.<sup>1</sup>, Чернова К.В.<sup>2</sup>**

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,  
м. Харків, Україна,  
<sup>1</sup>alex\_g1995@mail.ru  
<sup>2</sup>Katechernova1995@gmail.com*

## **ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Проведено аналіз сучасних агрокліматичних показників на території Харківської області. Дослідження змін температури повітря на території області.

Вихідною інформацією для розрахунків ресурсів тепла є часові ряди температури повітря метеорологічної станції «Красноград», розташованої на території міста Красноград, за період з 1951 по 2015 рр. Теплові ресурси території оцінювалися, поряд з показниками середньомісячними та середньорічними температурами повітря з температурами вище 10°C ( $ST > 10^\circ\text{C}$ ). Вони відображають ступінь відповідності ресурсів тепла території до вимог рослин в теплі.

Для повної оцінки термічних умов території, використовують суми активних і ефективних температур, що характеризують температурний режим. Суми активних та ефективних температур мають екологічне значення, вони характеризують забезпеченість рослин теплом. Для більшості рослин для нормальної життєдіяльності необхідна оптимальна температура в межах від 3°C до 35°C. Подальше підвищення температури послаблює фізіологічні та метаболічні процеси. Найменша сума активних температур характерна для Богодухівського, Золочівського і Великобурлуцького районів (менше 2660°C), які знаходяться на півночі Харківської області. Натомість Зачепилівський, Лозівський, Близнюківський, Барвінківський, а також Ізюмський райони мають найбільше значення (більше 2840°C). Середнє ж значення показника по області становить 2750°C і є характерним для районів, що розташовані в центрі області, за винятком Дергачівського і Куп'янського районів. За сумами температур проводять агрокліматичне районування сільськогосподарських культур, де рослини забезпечені теплом.

Таблиця 1

Середньомісячна температура повітря протягом 1951-2015рр.

Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1951-1955	-6,2	<u>-7,9</u>	-1,8	9,5	14,9	19,8	21,4	<u>22,3</u>	15,3	7,7	0,2	-4,0	7,6
1956-1960	-4,5	<u>-5,5</u>	-2,4	7,6	15,5	19,6	<u>22,3</u>	19,5	11,9	6,6	-0,3	-2,3	7,3
1961-1965	<u>-7,9</u>	-5,8	-1,5	7,6	14,9	19,4	<u>20,9</u>	19,4	14,6	7,7	1,6	-3,6	7,3
1966-1970	<u>-7,3</u>	-5,5	0,1	10,1	16,3	18,1	<u>20,1</u>	19,0	14,2	8,2	2,9	-4,4	7,7
1971-1975	<u>-6,8</u>	-3,6	0,4	9,7	15,8	20,0	<u>21,0</u>	20,5	15,3	7,9	1,4	-1,5	8,3
1976-1980	<u>-8,2</u>	-4,7	-0,1	8,5	15,0	18,0	<u>18,9</u>	18,4	13,6	5,9	2,3	-3,5	7,0
1981-1985	-3,7	<u>-6,8</u>	-0,3	8,6	17,0	18,7	<u>20,0</u>	15,9	15,2	8,3	0,2	-2,6	7,6
1986-1990	<u>-5,5</u>	-3,7	1,2	8,7	14,8	19,1	<u>20,4</u>	19,5	13,8	7,5	0,5	-3,5	7,7
1991-1995	-3,1	<u>-4,3</u>	1,0	9,1	14,4	18,8	<u>20,8</u>	20,1	14,9	8,2	-1,0	-4,8	7,8
1996-2000	<u>-5,8</u>	-3,6	0,4	9,7	15,8	20,3	<u>21,8</u>	20,2	13,7	7,9	0,9	-2,9	8,2
2001-2005	<u>-4,0</u>	-3,6	1,3	9,4	16,4	17,9	<u>22,3</u>	20,9	15,5	6,7	2,6	-4,2	8,4
2006-2010	<u>-5,5</u>	-3,4	2,5	9,8	16,1	21,0	22,4	<u>22,8</u>	15,7	9,2	3,8	-1,6	9,5
2011-2015	<u>-7,1</u>	-3,0	3,5	12,9	16,7	20,8	<u>23,5</u>	22,6	16,2	9,1	3,8	-1,0	10,0
$t_{\text{сер.}}, ^\circ\text{C}$	<u>-5,8</u>	-4,6	0,3	9,3	15,7	19,3	<u>21,2</u>	20,1	14,6	7,8	1,5	-3,1	8,0
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	0,8	0,8	0,4	0,4	0,1	0,4	0,8	0,4	0,2	0,1	-	-	0,1
<i>Кліматична норма</i>	-6,6	-5,4	-0,1	8,9	15,6	18,9	20,4	19,7	14,4	7,7	1,5	-3,1	8,1





Рис. 1. Розподіл сум активних температур Харківської області

\* \*

1. *Давитая Ф. Ф.* Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы / Ф. Ф. Давитая. – М. : Гидрометеиздат, 1964. – 317 с.

2. *Ліпінський В. М.* Клімат України / В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

3. *Приходько Г.Ф.* Клімат України / Под ред. Г.Ф. Приходько, А.В. Ткаченко, В.Н. Бабіченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – С. 227.

УДК 551.581.2:632.11

**Довгаль Г.П.**

*Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
anna.dovgal@rambler.ru*

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ АГРОЕКОСИСТЕМНОГО КОМПЛЕКСУ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

Проаналізовано багаторічні дані урожайності, ступеню забур'янення та ушкодження шкідниками посівів озимої пшениці у східному лісостепу України на прикладі Лубенського району Полтавської області та їх залежність від термічного режиму і режиму зволоження у сучасний кліматичний період (1995-2015pp.). Встановлено залежність між зміною урожайності культури та ступенем забур'янення і ушкодження шкідниками від зміни кліматичних умов.

Основним фактором, що визначає вектор розвитку сільськогосподарського виробництва України є орієнтація на оптимальне використання унікального природного та біокліматичного потенціалу. У даному контексті, з точки зору Ю.О. Тараріко [4], підхід до визначення сталого розвитку агроecosистем базується на необхідності адаптації до кліматичних умов, що змінюються. До того ж, враховуючи нестабільний та динамічний характер таких змін проблема стає більш актуальною. Стійкість агроecosистемного комплексу передбачає здатність агроecosистеми до збереження своєї структури і функціональних властивостей за різного рівня впливу факторів довкілля. Агроecosистема, насамперед, представляє собою біосферну одиницю, базовими структурно-функціональними блоками якої є трансформований ґрунтовий блок первинної екосистеми, посів сільськогосподарської культури та кліматичні ресурси місцевості, які здійснюють визначальний вплив на продуктивність агроecosистемного комплексу [1-3].

У роботі проаналізовано вплив термічного режиму і режиму зволоження на стан агроecosистеми озимої пшениці, а саме урожайність, ступінь забур'янення та ушкодження шкідниками її посівів у східному лісостепу України у сучасний кліматичний період (1995-2015pp.). Дослідження проведені на прикладі Лубенського району Полтавської області.

Аналіз урожайності озимої пшениці в досліджуваному регіоні показав що її величина значною мірою залежить від ступеня забур'янення ( $r=-0,9$ ) та ушкодження культури шкідниками і хворобами ( $r=-0,87$ ): збільшення ступеня забур'яненості призводить до зменшення урожайності і навпаки. Такі ж закономірності стосуються і ступеню ушкодження шкідниками та хворобами. Встановлено, що збільшенню урожайності пшениці на 2 т/га сприяє зменшення забур'яненості посівів на 1 бал і ушкодження посівів шкідниками та хворобами на 5%.

Аналіз впливу кліматичних чинників на забур'яненість та ушкодження шкідниками і хворобами посівів озимої пшениці показав, що середня температура повітря та кількість опадів за період вегетації культури відіграють визначальну роль у розвитку агроєкосистеми. Встановлено, що у лісостеповій зоні України найбільш суттєвий вплив на ступінь забур'янення та ушкодження шкідниками і хворобами мають температура повітря у період цвітіння та стиглості (червень-липень) і кількість опадів у період 3-го листка та куціння (листопад, квітень).

Протягом останніх десятиріч на нашій планеті відмічається суттєве підвищення температури повітря. При цьому 30-літній період (1983-2012рр.) у північній півкулі був ймовірно найтеплішим за останні 1400 років [4]. Швидкість зміни середньої за рік глобальної температури протягом 1996-2012 рр. становила  $0,14^{\circ}\text{C}$  за десятиріччя. Аналіз термічного режиму в Україні у 1995-2015рр. показав, що темпи зміни середньої за рік температури повітря були значно вищими і становили  $0,8^{\circ}\text{C}$  за десятиріччя та  $1,0^{\circ}\text{C}$  за десятиріччя у східному лісостепу. Суттєво зросла й середня температура повітря за вегетаційний період озимої пшениці. Швидкість її зміни у східному лісостепу становила  $0,9^{\circ}\text{C}$  за десятиріччя (рис.1).

Натомість, кількість опадів за рік по всіх районах суші в глобальному масштабі з 1901 р. суттєво не змінювалася. Але в помірних широтах Північної півкулі кількість опадів зростала, особливо в другій половині ХХ ст. [4]. Аналіз режиму зволоження в Україні у 1995-2015рр. показав, що зміна середньої за рік кількості опадів зменшувалась на 58 мм за десятиріччя та 79 мм за десятиріччя у східному лісостепу. Знижувалась також кількість опадів за вегетаційний період озимої пшениці. Швидкість її зміни у східному лісостепу становила 31мм за десятиріччя (рис.1).

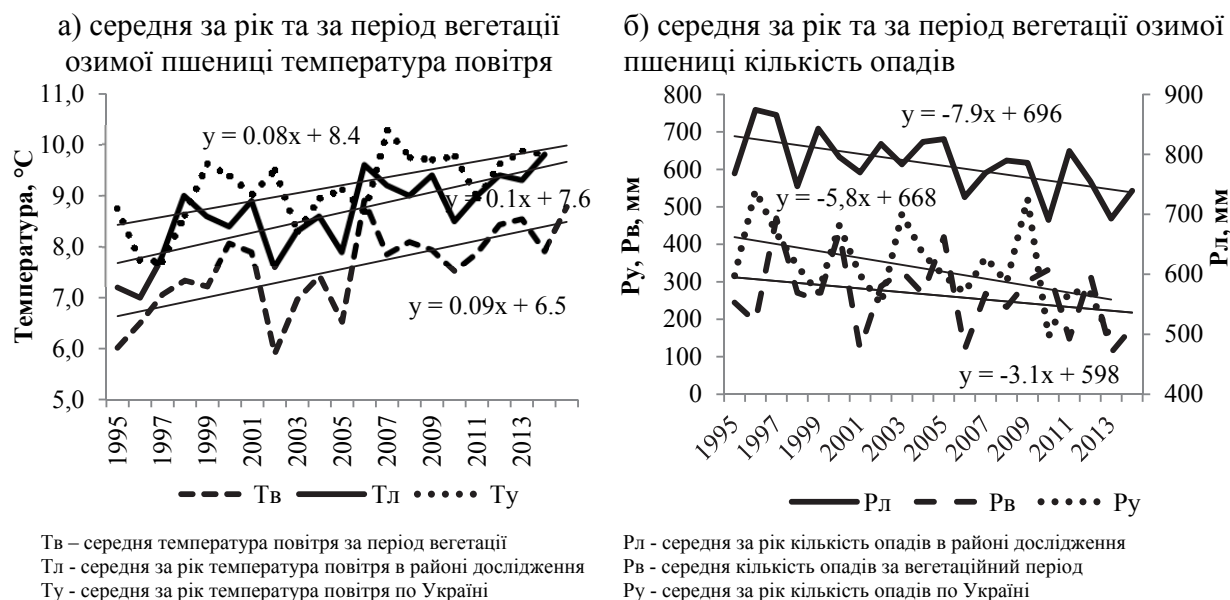


Рис. 1. Зміна температури повітря та кількості опадів в Україні та східному лісостепу в період 1995-2016 рр.

Таким чином, оскільки підвищення температури повітря та зменшення кількості опадів сприяють зменшенню забур'яненості посівів озимої пшениці та їхньому ушкодженню шкідниками і хворобами у східному лісостепу України, то ріст температури повітря та зменшення кількості опадів у період вегетації культури стали сприятливими факторами для збільшення її урожайності в регіоні протягом останніх десятиріч.

\* \*

1. Голубець М.А. Екосистемологія. – Львів: Вид-во “Поллі”, 2000. – 315с.
2. Дідух Я.П. Поняття про стійкість екосистем / Я.П. Дідух // Основи біоіндикації. – К. : Наук. думка, 2011. – С. 288–290.
3. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур: [монографія] / В.П. Дмитренко; НАН України, Укр. наук.-дослід. гідрометеоролог. ін-т. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 620 с.
4. Тараріко Ю.О. Наукові основи формування моделей сталого розвитку агроекосистем в Лісостепу та Поліссі України : Автореф. дис... д-ра с.-г. наук : 03.00.16 / Ю.О. Тараріко; УААН. Ін-т агрокол. та біотехнології. - К., 2003. - 36 с.
5. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I contribution to AR5 [Електронний ресурс]: Approved Summary for Policymakers— Режим доступу: <http://www.climate2013.org/spm>.—

УДК 551.524.32

**Лисенко О.Г., Решетченко С.І.**

*Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна  
alexandra\_2901@mail.ru  
swet\_res@mail.ru*

## **КЛІМАТИЧНІ ЕКСТРЕМУМИ В УМОВАХ МІНЛИВОСТІ КЛІМАТУ НА ТЕРИТОРІЇ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Проведено дослідження сучасних коливань температури повітря на території Харківської області за період 2001-2014 рр. Аналізувалися фактичні дані середньодобових та середньомісячних значень температури повітря на десяти метеорологічних станціях області.

Кліматичні дослідження сьогодні набувають особливої актуальності у зв'язку із глобальними змінами клімату Землі, зокрема, зміною температури повітря, яка визначає характер та режим погоди [3]. На тлі загального потепління спостерігаються різкі коливання середньодобових температур повітря, що призводять до утворення екстремальних метеорологічних та погодних явищ: посух, злив, шквалів, повеней тощо [2].

На прикладі станції Харків (табл. 1) наводиться аналіз максимальних середньодобових значень та їх відхилень від середньомісячних показників. Найбільші відхилення добової температури повітря від середньомісячних значень упродовж року спостерігалися у грудні, а також листопаді та січні. Це вказує на нестабільність та мінливість температурного режиму території в осінньо-зимовий період. Влітку температура повітря характеризується відносною сталістю (7, 5-8,5°C). Проведений аналіз мінімальних середньодобових значень температури повітря на території Харківщини має схожу тенденцію: найбільші відхилення температур повітря зафіксовані взимку, найменші – влітку. Надалі аналізувалася мінливість середньомісячних температур повітря відповідно до стандартної кліматичної норми (1961-1990 рр.) [1]. На прикладі станцій Харків та Лозова розглянемо особливості динаміки температури повітря. Встановлено, що по відношенню до норми максимальні та мінімальні значення температури повітря за період 2001-2014 рр. характеризуються значним зростанням, що узгоджується із загальною тенденцією зміни температури повітря.

Таблиця 1

Максимальні середньодобові значення температури повітря  
(період 2001-2014 рр.)

Місяці	$t_{\max}, ^\circ\text{C}$	Дата	$t_{\text{ср.}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$
1	7,5	9.01.2001	-4,5	12,0
2	5,8	28.02.2008	-4,2	10,0
3	12,5	25.03.2008	1,2	11,3
4	22,8	30.04.2012	9,8	13,0
5	28,0	27.05.2007	16,8	11,2
6	28,4	13.06.2010	19,9	8,5
7	30,2	24.07, 25.04.2001	22,7	7,5
8	31,6	7.08, 11.08.2010	21,5	10,1
9	23,3	06.09.2008	15,1	8,2
10	19,4	04.10.2001	8,4	11,0
11	15,0	10.11.2010	2,9	12,1
12	10,6	01.12.2012	-2,9	<b>13,5</b>

Аналізувалися температурні умови найхолоднішого, найтеплішого років та найближчого до кліматичної норми. На рис. 1 представлена динаміка зміни середньодобової температури повітря на станції Харків у січні.

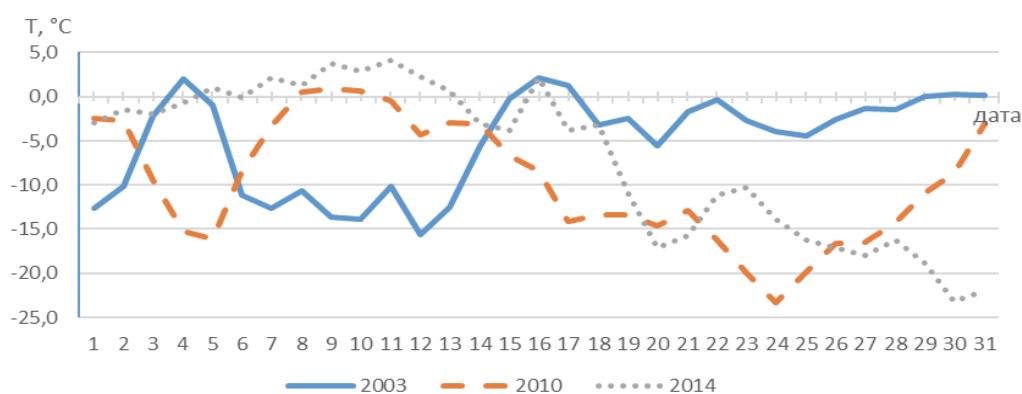
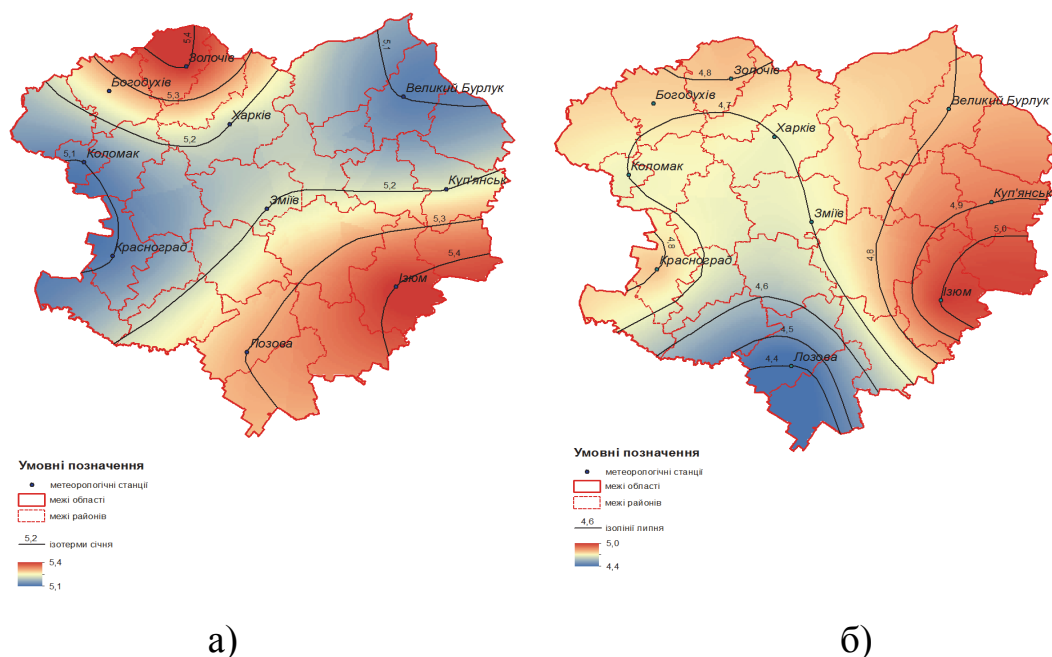


Рис. 1 – Динаміка середньодобової температури повітря.

Простежується коливальний характер температури повітря на протязі всього місяця, що характеризується значною амплітудою середньодобових показників. Причиною цих змін є надходження теплих

та холодних повітряних мас на досліджувану територію. Температурний режим літнього періоду на станції Харків є більш сталим. Спекотливим виявився 2010 рік. Особливості температурного розподілу на території можна пояснити переважанням кліматоутворюючих факторів: влітку головним чинником є радіаційний режим території, в зимовий період – коливання атмосферної циркуляції.

Дослідження температурних показників за період 2001-2014 рр. дав змогу визначити їх рівень сприятливості на території Харківської області (рис. 2), який коливається в межах 4,0-6,0 (за 10-бальною шкалою).



а)

б)

Рис. 2 – Рівень сприятливості температури повітря: а) січень; б) липень.

Таким чином, перші дванадцять років характеризуються подальшим зростанням температури повітря на території Харківської області та значними коливаннями середньодобових значень узимку та влітку.

\* \*

1. Климатологические стандартные нормы (1961 – 1990 гг.). – К.: 2002. – 446 с.

2. Клімат України / За редакцією Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченка В.М. Видавництво Раєвського. – К.: 2003. – 343 с.

3. Мартазинова В.Ф. Влияние глобального потепления на изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции и формирование аномальных погодных условий на Украине / В.Ф. Мартазинова // Доп. НАН України. – 2006. – № 2. – С. 105-110.

УДК 551.586

**Малицька Л.В., Балабух В.О.***Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ, Україна,  
m\_alitsk\_a@i.ua, balabukh\_vira@ukr.net***ХОЛОДОВИЙ СТРЕС: ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ  
НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА ЙОГО ЗМІНА  
У СУЧАСНИЙ КЛІМАТИЧНИЙ ПЕРІОД**

Проведено оцінку дискомфорту погоди в Україні, пов'язаного з тривалою дією холоду. Використовуючи індекси холодового стресу, встановлено величину термічного навантаження на організм людини в зимовий період року, її мінливість та регіональні особливості. Встановлено значущість, достовірність та частку невизначеності виявлених змін.

Людина завжди відчувала вплив погоди. Він може бути як прямий так і опосередкований. Прямий вплив дуже різноманітний та зумовлений безпосередньою дією кліматичних чинників на організм людини і насамперед на умови його теплообміну з навколишнім природним середовищем. Опосередкований вплив погодних умов не менш значимий і здійснюється через елементи навколишнього природного середовища – атмосферне повітря, воду, тощо. Неприятливі для людини природні умови можуть виникати у зв'язку зі зміною природних умов в місці постійного проживання населення, наприклад в результаті змін клімату, або ж в разі тривалого перебування людей в невласивому для них середовищі. Тривалість безпечного перебування людини на певній території визначає її біокліматична комфортність, яка базується на понятті фізіологічного комфорту. Він виникає тоді, коли формуються такі умови, при яких терморегуляційна система організму зазнає найменшого напруження. Визначення періодів, протягом яких метеорологічна ситуація відповідає зоні комфорту середньостатистичної людини дозволяє уникнути екстремальних ситуацій, пов'язаних з переохолодженням чи тепловим перевантаженням.

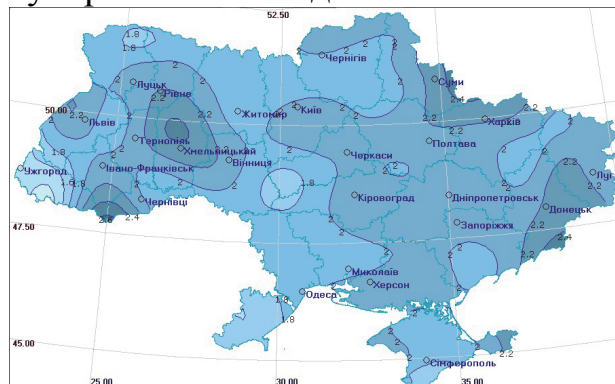
У холодний період року найбільш частими для людини є екстремальні ситуації пов'язані з переохолодженням. Для оцінки дискомфорту, пов'язаного з тривалою дією холоду, використовують індекси холодового стресу [1]. У роботі розглянуті індекс суворості зими



Бодмана ( $S$ ) та вітрово-холодовий індекс Сайпла та Пассела ( $K$ ). Розрахунки проводились за добовими даними спостережень за температурою повітря та швидкістю вітру по 187 метеостанціям України за період 1981-2010 рр.

Аналіз індексу суворості погоди Бодмана показав, що у холодний період українці відчувають незначний дискомфорт. З початку ХХІ ст. спостерігається тенденція до зменшення холодного дискомфорту на всій території країни. Практично відбулось зниження значення індексу суворості на 1 бал, що рівносильне переходу в іншу категорію суворості зими. Так, зима в Україні із категорії «помірно сувора» ( $S = 2 - 3$ ) перейшла в категорію «мало сувора» ( $S = 1 - 2$ ). Проведений аналіз міжрічної мінливості величини індексу  $S$  показав, що протягом 1981 – 2010 рр. її зменшення спостерігається на всій території України, однак швидкість і достовірність цих змін неоднакова і має суттєві регіональні особливості (рис. 1). На більшій частині території України зменшення суворості зими не викликає сумнівів або є дуже ймовірним і лише у південних областях ймовірність зниження величини індексу становить 66 – 90 %.

а) середнє значення індексу суворості зими Бодмана



б) ймовірність зміни величини індексу суворості зими Бодмана

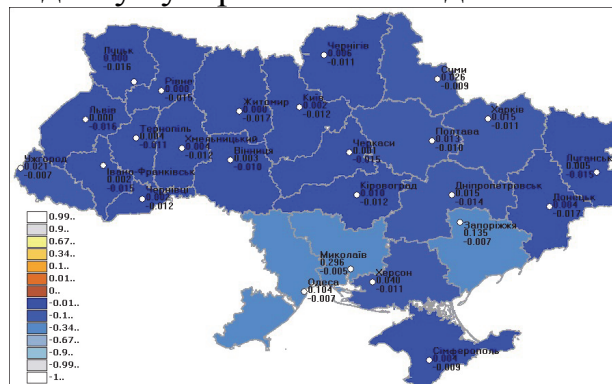
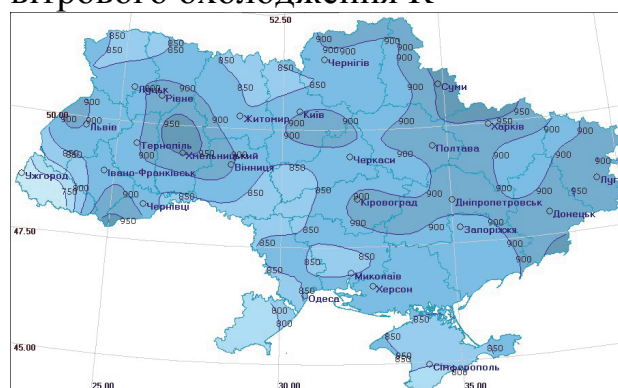


Рис. 1. Просторовий розподіл середнього значення індексу суворості зими Бодмана (а) та ймовірність його зміни (б) за 1981-2010 рр.

Розглядаючи динаміку показника в Україні за період 1981 - 2010 рр. слід відмітити, що значення індексу зменшується із року в рік, проте для цих змін характерна періодичність 5-7, 9-13 років, причому коливання з періодом 7 років є найбільш потужним. Найсуворішими за останні 30 років були зими 1985, 1987, 1993, 1996, 2003, 2010 років.

Аналіз індексу вітрового охолодження Сайпла та Пассела показав, що взимку в Україні переважно холодні погодні умови, коли величина тепловтрат коливається в діапазоні 800-1000 ккал/м<sup>2</sup>\*год. Просторовий розподіл значень індексу К практично повторює поле середніх значень індексу суворості зими Бодмана, проте має деякі відмінності (рис. 2). Найвищі значення спостерігаються на крайньому північному сході країни і в осередку холоду на східному схилі Подільської височини.

а) середні значення індексу вітрового охолодження К



б) ймовірність зміни величини індексу вітрового охолодження К

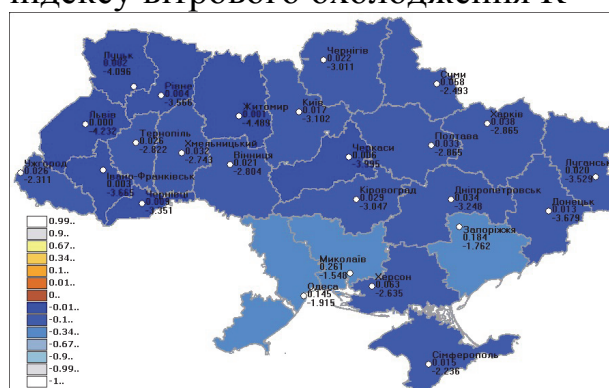


Рис. 2. Просторовий розподіл середнього значення індексу вітрового охолодження Сайпла та Пассела (а) та ймовірність його зміни (б) за 1981-2010 рр.

Аналіз міжрічної мінливості К засвідчив тенденцію до зменшення холодного дискомфорту в межах усієї території країни. Найбільша швидкість зміни відмічається в західному регіоні й практично не викликає сумнівів. Проте, на більшості території України достовірність таких змін складає 90-99 %, а в південних областях країни знижується до 60-90 %. Порівнюючи результати, отримані для індексу суворості зими Бодмана та вітрово-холодовий індексу Сайпла та Пассела, можна зробити висновок, що вони добре узгоджуються між собою. Дані свідчать, що в Україні для зимового періоду характерний незначний холодний стрес. Протягом останніх десятиріч відмічається суттєве зниження дискомфорту, пов'язаного з тривалою дією холоду, особливо на заході країни.

\* \* \*

1. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Н. В. Кобышева, В. В. Стадник, М. В. Клюева [и др.]. – СПб., 2008. – 336 с.

УДК 551.551.8

**Маригіна Д.П.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра метеорології та кліматології  
dasha\_marygina@ukr.net*

## **НИЗЬКОЧАСТОТНІ КОЛИВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ІНДЕКСІВ АТЛАНТИКО-ЄВРОПЕЙСЬКОГО РЕГІОНУ**

Ідентифіковані середньомісячні фази основних кліматичних індексів Атлантико-Європейського регіону. Проведено SMA-аналіз відповідних часових рядів для встановлення низькочастотних баричних осциляцій.

Зміни клімату, як в планетарній оболонці, так і на регіональному рівні, обумовлені макромасштабними процесами взаємодії між підсистемами глобальної кліматичної системи. Оскільки, атмосферна циркуляція вважається одним із основних кліматоутворюючих чинників, то виникає необхідність в подальших дослідженнях глобальної атмосферної циркуляції, як одного із головних механізмів генерації коливань регіонального клімату. Кліматичні індекси, що відображають осциляції планетарних коливань, являють собою індикатори стану циркуляції в атмосфері.

До основних кліматичних індексів Атлантико-Європейського регіону відносяться [1]: Північно-Атлантичне коливання (*North Atlantic Oscillation. NAO*), Східно-Атлантичне коливання (*East Atlantic Pattern. EAP*), Скандинавське коливання (*Scandinavia pattern. SCA*), Східно-Атлантичне / Західноросійське коливання (*East Atlantic / West Russia pattern EA-WR*), Арктична осциляція (*Arctic Oscillation. AO*).

Кліматичним індексам властива від'ємна та додатна фаза значень, оскільки вони визначаються через відносні зміни тиску для відповідних регіонів. Зміна фази індексу - це зміна в диполі області тиску та напрямку баричних циркуляцій.

Так, зокрема, для додатної фази індексу NAO характерним є негативні аномалії приземного тиску і геопотенціалу в ісландському мінімумі і позитивні аномалії в районі Азорського максимуму; негативні аномалії приземної температури повітря в Східній Канаді, в районі пів Лабрадор і в Гренландії; позитивні аномалії приземної температури

практично на всій території Європи, а також надлишок опадів, особливо в зимовий період; збільшення швидкості вітрів в тропосфері в зоні 50-60° пн.ш .; зміщення траєкторій циклонів в північному напрямку на 200-400 км щодо їх середнього положення. Для від'ємної фази характерні негативні аномалії приземної температури практично на всій території Європи, а також дефіцит опадів на півночі Європи, особливо в зимовий період; ослаблення зонального типу циркуляції і переважання меридіонального перенесення; зменшення швидкості вітрів в тропосфері в зоні 50-60° пн. ш.; зміщення траєкторій циклонів в південному напрямку [2].

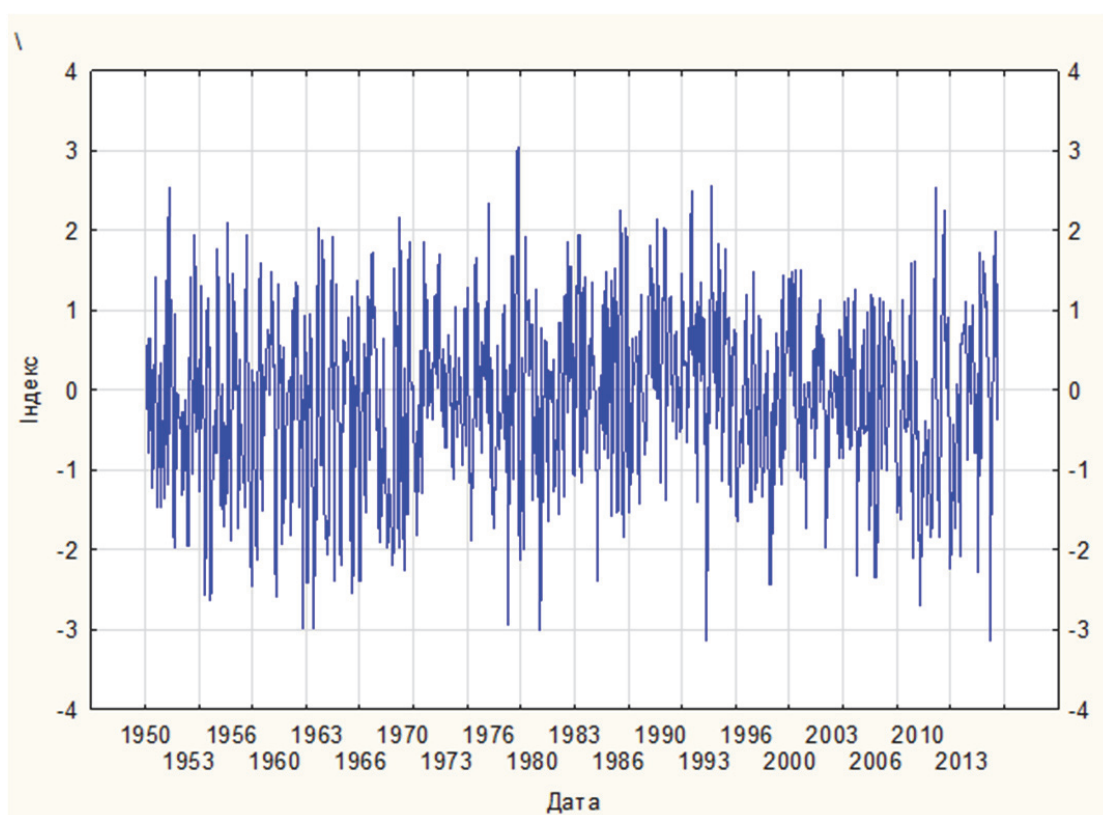


Рис. 1 Середньомісячні значення фази індексу NAO за період 1950-2015рр.

Мета дослідження – виявити низькочастотні коливання баричної системи Атлантико-Європейського регіону, що дозволить передбачити поведінку глобальних баричних осциляцій.

Для досягнення мети використовується SMA-метод (Simple Moving Average). Даний метод відноситься до класу індикаторів, наступних за трендом, він дозволяє визначити початок нової тенденції та її завершення. Необхідність застосування SMA-методу викликана тим, що дані динамічного часового ряду кліматичних індексів не дозволяють виявити тренд внаслідок їх випадкової природи (рис.1). SMA-метод замінює

фактичні значення часового ряду на розрахункові, які мають значно меншу мінливість. При цьому середнє розраховується за певний інтервал часу (вікно), яке ковзає на один крок (місяць). Внаслідок чого, початкові високочастотні коливання вихідного часового ряду згладжуються, а основна тенденція, що прихована в низькочастотних коливаннях зберігається (рис.2)

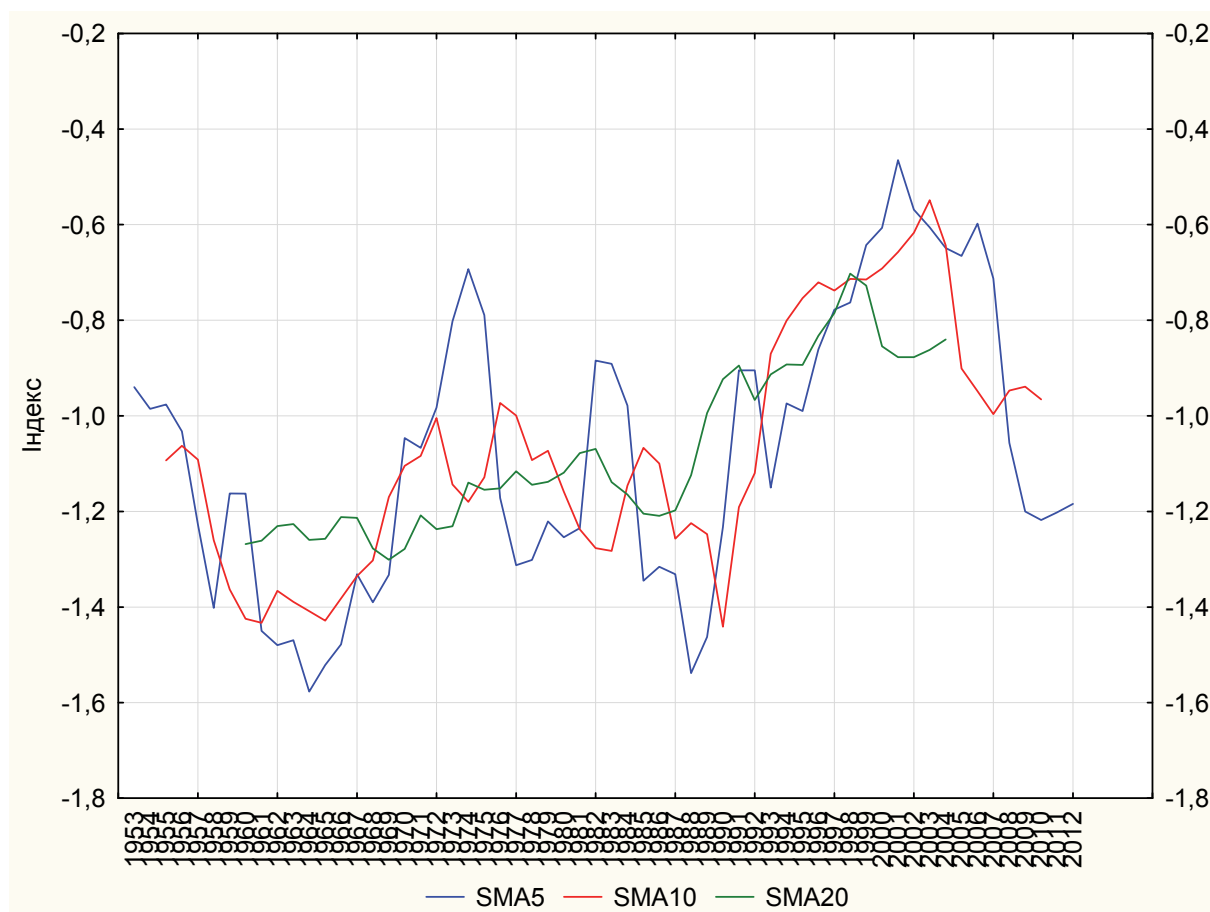


Рис. 2 Середньомісячні значення від'ємної фази індексу NAO за період 1950-2015рр.

Варіювання ковзного вікна дозволило встановити присутність низькочастотних коливань в часовому ряді індексу NAO для від'ємної фази.

\* \*

1. National weather service. Climate prediction center. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу - <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

2. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. – М.: Триада, лтд, 2013. – 144 с.

УДК 551.582.2, 551.583.1

**Скриник О.А.**

*Національний університет біоресурсів та природокористування України,  
м. Київ, Україна,  
skrynyk\_olesya@rambler.ru*

## **ГОМОГЕНІЗОВАНА БАЗА ДАНИХ ДОВГИХ КЛІМАТОЛОГІЧНИХ РЯДІВ СЕРЕДНІХ ЗА МІСЯЦЬ МІНІМАЛЬНИХ ТА МАКСИМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ**

У роботі представлено результати гомогенізації (приведення до однорідного стану) кліматологічних рядів місячних значень (мінімальних та максимальних) температури повітря, отриманих на 33 метеорологічних станціях України за період 1921-2010 рр.. Для проведення гомогенізації було використано спеціалізоване програмне забезпечення MASH. Отримана статистична інформація про виявлені неоднорідності (викиди, точки розриву, зсуви та їх амплітуди) у кліматологічних рядах. Інформація співставлена із історичними описами метеорологічних станцій для верифікації знайдених розривів.

Довгі часові ряди кліматологічних спостережень на мережі метеорологічних станцій є одним із найбільш достовірних джерел інформації про минулий стан клімату, його динаміку та мінливість. Проте, у більшості випадків, корисна інформація у таких рядах (кліматичний сигнал) є викривлена за рахунок неоднорідностей: викидів, некліматичних трендів та зсувів (останні називають станційним сигналом). Причинами станційного сигналу, як правило, є: переміщення станції на інше місце, заміна приладів, зміна методики вимірювань, зміна оточення станції. У більшості випадків, навіть якщо відомо про можливість отримання неоднорідності в результаті виконання однієї із названих вище причин, апіорі вказати амплітуду зсуву не можливо. Для цього потрібно проводити паралельні спостереження протягом щонайменше декілька років (рекомендації ВМО – не менше 5 років). Тому єдиним ефективним способом вилучення неоднорідностей є апостеріорний статистичний аналіз (гомогенізація). Очевидно, що будь-яким кліматологічним дослідженням, в основі яких лежить опрацювання часових рядів, має передувати їх детальний аналіз на предмет перевірки на однорідність/неоднорідність.

У роботі проводилась гомогенізація рядів середніх місячних значень мінімальної та максимальної температури повітря, які було отримано на 33 метеорологічних станціях, рівномірно розташованих на території України. Це станції, які мають довгі ряди спостережень та мінімальну кількість пропусків (їх кількість не перевищувала 5 % від загальної кількості членів кожного ряду). Період спостережень, вибраний для аналізу, складав 90 років: з 1921 по 2010 рр. Частина даних була отримана в ЦГО України у вигляді електронних таблиць Excel. Інша частина була оцифрована вручну, використовуючи дані опубліковані у довідниках та щомісячниках.

Слід зазначити, що ряди мають досить сильні кореляційні зв'язки, що дозволяє ефективно використовувати відносні гомогенізаційні алгоритми, коли для виявлення неоднорідностей у певному ряду, розглядається не тільки цей ряд, а ціла сукупність рядів із одним і тим же кліматичним сигналом. У роботі використовувалося програмне забезпечення MASH [1], яке розроблене в Угорській метеослужбі та реалізує один із відносних алгоритмів.

Близько 30 % виявлених розривів можуть бути підтверджені мета даними (історичною інформацією). З другої сторони, практично всі значні зміни на станціях були локалізовані програмним забезпеченням і знайдені як точки розриву. Найбільш типовою ситуацією, яка сприяла появі сильного станційного сигналу у часових рядах – переміщення станцій із середніх частин міст у приміські зони (як правило у аеропорти). Таке переміщення сприяє появі певного негативного тренду у ряді.

Результати гомогенізації було співставлено з аналогічними результатами, що були отримані при гомогенізації середніх місячних значень температури [2]. У переважній більшості випадків виявлені точки розривів/зсувів співпадають.

Отримані гомогенізовані ряди можуть бути основою для подальших кліматологічних досліджень.

\* \*

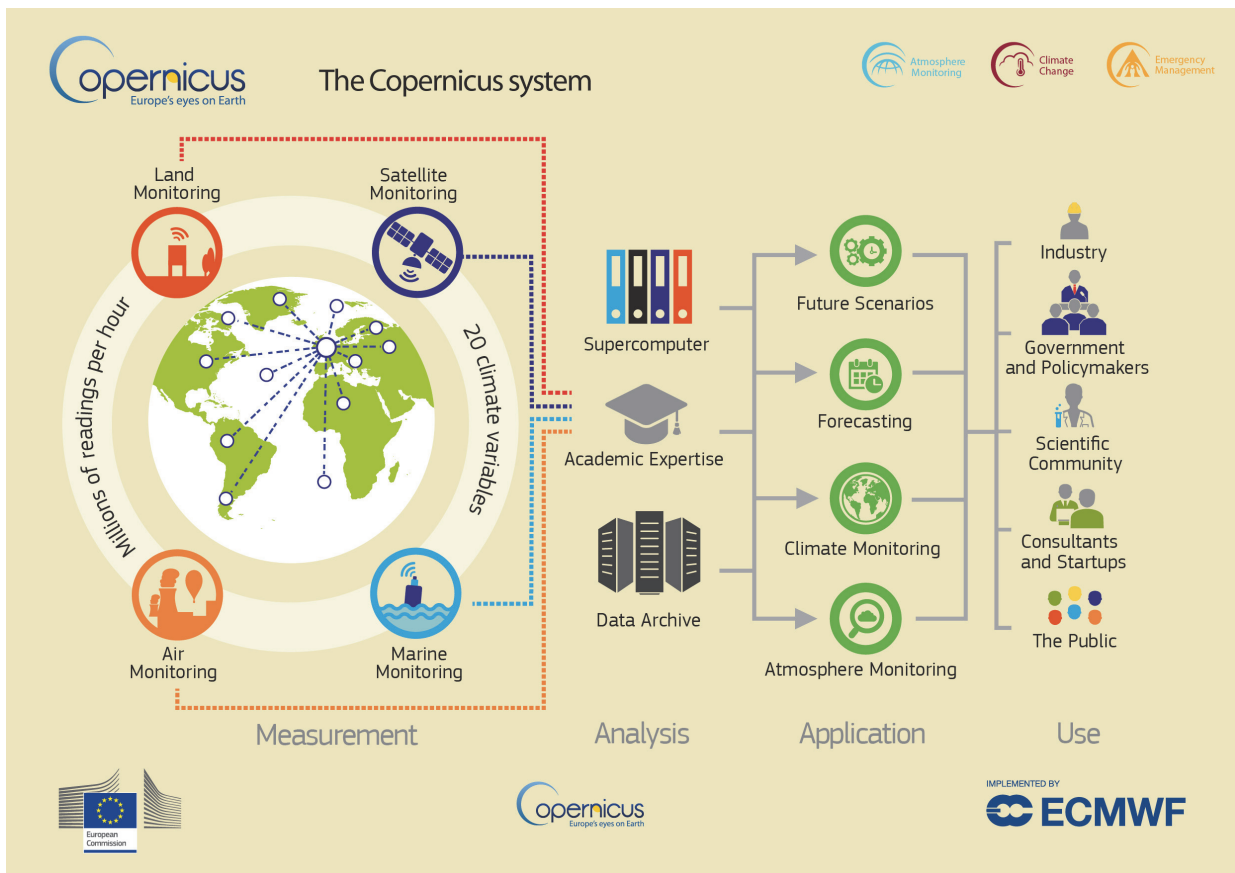
1. *Szentimrey, T.* (1999) Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH), Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 41, pp. 27-46.

2. *Osadchy, V., et al.* (2011) Homogenization of long monthly air temperature time series collected in Ukraine. Seventh Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Database, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 78, pp. 92-98.

# ECMWF Copernicus

Nicolaus Copernicus was a Renaissance polymath who argued against the ancient vision of the earth as centre of the universe, and professed instead that earth and other planets orbit the sun. Copernicus' work shifted the human gaze outwards toward distant stars and sparked a paradigm shift that transformed Europe.

Centuries later, the Copernicus earth observation programme is a constellation of satellites and a host of sensors anchored to ships, moored to buoys and borne aloft on balloons. A net of Copernican eyes now wreathes the earth, collecting data on the earth's climate and atmosphere. Copernicus provides governments, industry, and agencies with free access to climate data. The European Union expects its open data strategy to deliver a €40 billion annual boost to the European economy, and Copernicus contributes its wealth of data to this capital [1]. By providing accurate, timely and open data Copernicus aims to spark a sea change in the way decision makers predict and influence the earth's climate.



Graphic 1. Copernicus, a European Union Programme for a new European Climate Economy



Copernicus provides data to users through a selection of services. Examples include the Copernicus Climate Change Service (C3S) and the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), both managed by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). The Copernicus Climate Change Service (C3S) utilizes Copernicus' wealth of data in addition to a century of instrumental records to monitor, analyse and predict the earth's changing climate. C3S provides records of rising temperatures and rising seas; of shifting rainfall and gnawing drought; of dwindling ice sheets. C3S is an authoritative source of climate information in Europe. It builds upon and enhances national investments and complements national climate service providers.

The solar radiation available at the earth's surface is determined by atmospheric conditions, including the presence of clouds, aerosols and ozone. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) provides governments, the energy industry, and research institutes with information about solar radiation at the earth's surface, monitors changes in the chemical composition of our atmosphere as well as providing daily forecasts of air quality and greenhouse gases.

Climate change and severe weather heed no national borders, threatening the socioeconomic structure of Europe. Science, industry and policy must collaborate to mitigate the emissions that drive climate change and adapt society to changes that are already inevitable. We must now choose between an unsustainable and increasingly grim future and a revolution in resilience and green growth. Copernicus, CAMS and C3S support this essential sea change.

Where once Nicolaus Copernicus suggested humans look outwards from the earth, the Copernicus earth observation programme now turns the human gaze back onto our own planet. As Copernicus theorized that the earth and other planets orbit the sun, humans were earthbound. We now have eyes in space, and the planet is entwined in a network of Copernican sensors. From space, from our rising seas and from our voracious deserts, Copernicus seeks to help us understand our changing climate.

\* \*

1. "Digital Agenda: Turning government data into gold" *European Commission press release*, 12th. – 1 December, 2011.

2. *Web:* <https://atmosphere.copernicus.eu>, <https://climate.copernicus.eu>,  
<https://ecmwf.int>, <https://copernicus.eu>

**МЕТЕОРОЛОГІЯ, ГІДРОЛОГІЯ, МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ  
В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ СЬОГОДЕННЯ**

**Матеріали  
Всеукраїнської конференції молодих учених  
16-17 листопада 2016 р.**

Підп. до друку 28.10.2016. Формат 60x84/8. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Умовн. друк. арк. 22,32. Тираж 100 пр. Зам. №184.

Український гідрометеорологічний інститут.  
03028, Київ-28, пр-т Науки, 37, т. (044) 525-12-50, 525-86-53

ТОВ НВП «Ніка-Центр». 03680, Київ, вул. Кржижановського, 4.  
т./ф. (044) 39-011-39; e-mail: psyhea9@gmail.com  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК №1399 від 18.06.2003

Віддруковано у ТОВ НВП «Ніка-Центр»