

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія

**Періодичний науковий збірник
ТОМ 4 (25)**

Київ
2011

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ:

Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2011. – Т. 4(25). – 192 с.

HYDROLOGY, HYDROCHEMISTRY AND HYDROECOLOGY:

The scientific collection / The editor-in-chief V.K. Khilchevskiy. – 2011. – Vol. 4(25). – 192 p.

- У збірнику вміщені статті, в яких викладені методичні розробки, а також результати теоретичних та прикладних гідрологічних, гіdroхімічних і гідроекологічних досліджень, що виконані в різних установах України.

- Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” заснований у травні 2000 року.
- Зареєстрований Міністерством юстиції України 8 жовтня 2009 р. (наказ № 1806/5).
- Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 15819-4291Р від 8 жовтня 2009 року
- Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. включений до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “Географічні науки”.
- Атестовано Вищою атестаційною комісією України, Постанова Президії ВАК України № 1-05/2 від 10 березня 2010 року.
- **Видавець:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
- Виходить чотири рази на рік.

*Рекомендовано до друку Вченою радою
географічного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
(7 грудня 2011 р., протокол № 9)*

Адреса видавця та редколегії: м. Київ, МСП 680, проспект Глушкова, 2-А, географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кафедра гідрології та гідроекології, Лук'янець Ользі Іванівні (з позначкою “Науковий збірник”).

Телефон редколегії: (044) 521-32-29.

E-mail: gidrolog@niv.kiev.ua

luko15_06@ukr.net

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕТІЯ:

Хільчевський В.К., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (головний редактор)*;

Гребінь В.В., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (заступник головного редактора)*;

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Гопченко Є.Д., доктор географічних наук, *Одеський державний екологічний університет*;

Линник П.М., доктор хімічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

Ободовський О.Г., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Осадчий В.І., доктор географічних наук, член-кореспондент НАН України, *Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут МНС України та НАН України*;

Пелешенко В.І., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Самойленко В.М., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Сніжко С.І., доктор географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Тімченко В.М., доктор географічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

Шищенко П.Г., доктор географічних наук, член-кореспондент НАПН України, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*;

Щербак В.І., доктор біологічних наук, *Інститут гідробіології НАН України*;

Яцик А.В., доктор технічних наук, академік НААН України, *Український науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем*;

Лук'янець О.І., кандидат географічних наук, *Київський національний університет імені Тараса Шевченка (відповідальний секретар)*.

З М І С Т

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дубняк С.С.

Особливості крупних рівнинних водосховищ як об'єкту екосистемних досліджень..... 8

Сінченко В.Г., Омельченко Н.М.

До питання визначення безпечності радіонуклідів Cs-137 та Sr-90 у питній воді природних джерел при моніторингових дослідженнях їх вмісту адсорбційно-спектрометричним методом..... 18

Гопченко Є., Явкін В.

Ландшафтно-гідрологічні основи басейнових та руслових систем паводкоутворення... 29

ГІДРОЛОГІЯ. ВОДНІ РЕСУРСИ

Гребінь В.В.

Оцінка водності річок басейну Верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін..... 38

Шакірзанова Ж.Р.

Прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні Дніпра з використанням автоматизованих програмних комплексів..... 48

Данько К.Ю., Ободовський О.Г.

Аналіз інтенсивності прояву вертикальних руслових деформацій річок басейну р. Стир..... 56

Явкін В.Г., Мельник А.А.

Чинники зміни параметрів максимального стоку (на прикладі басейну Дністра)..... 67

Пасічник М.Д.

Аналіз місцевих умов руслоформування річки Черемош із застосуванням ГІС-інструментарію..... 75

Бібік В.В., Винарчук О.О., Лук'янець О.І., Хільчевський В.К.

Просторово-часова характеристика стоку річок Сула, Псел та Ворскла..... 85

Холодько О.П.

Сучасні зміни комплексу донних відкладів Київського водосховища..... 99

Порохівник Т.О., Гребінь В.В.

Взаємозв'язку між водністю та частотою проходження паводків на річках басейну р.Латориця..... 106

Розлач З.В.

Підходи до оцінки вертикальних руслових деформацій..... 114

ГІДРОХІМІЯ. ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Линник П.Н., Иванечко Я.С., Линник Р.П., Жежеря В.А.

Содержание, компонентный состав и динамика растворенных органических веществ в воде устьевое участка реки Десны..... 121

Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець, О. О., Кузнєцова Т.О.

Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття..... 129

ГІДРОЕКОЛОГІЯ. ГІДРОБІОЛОГІЯ

Усенко О.М.

Видова резистентність водоростей до екзометаболітів вищих водяних рослин..... 137

Гончак І.В., Басюк Т.О., Грисюк Т.О.

Результати екологічної оцінки стану поверхневих вод р.Горинь в межах м. Нетішин (ХАЕС)..... 143

Мельник Т.П.

Модель гідроекологічної ситуації паводкових режимів умов одамбування територій (на прикладі р. Боржави)..... 149

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Косовець О.О., Довгич М.І., Самойленко Н.А., Соколов В.В.

Значення катастрофічної повені на Дніпрі біля Києва 1931 року для визначення максимальних характеристик стоку (хроніка події та науково-історичний нарис)..... 155

Винарчук О.О.

Загальна характеристика водокористування та водовідведення в басейнах річок Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла)..... 169

Данильченко О.С.

Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки)..... 179

ІНФОРМАЦІЯ

Вийшли з друку..... 189

CONTENTS

THE GENERAL METHODS ASPECTS OF INVESTIGATION

Dubnyak S.S. Features of large flat reservoirs as an object of ecosystem researches.....	8
Sinchenko V.G., Omelchenko N.N. To the question to determination radionuclide's safety Cs-137 and Sr-90 in drinking-water of natural sources at monitoring researches of their content by of the adsorption-spectrometry method.....	18
Gopchenko E., Yavkin V. Basis river basin landscape-hydrological of flash flood genesis systems.....	29

HYDROLOGY. WATER RESOURCES

Grebin V.V. Water content assessment of Upper Pripyat Basin Rivers in conditions to climate changes...	38
Shakirzanova J. Forecasting of the maximum water flow of the spring flood in basin Dnieper with use of the automated program complexes.....	48
Danko K., Obodovskiy O. The analysis of intensity of developing process vertical riverbed deformations of the rivers of basin of river Styr.....	56
Yavkin V.G., Melnik A.A. Factors modified maximum flow (for example, the Dniester basin).....	67
Pasichnyk M.D. Analysis of local conditions river-bed formation of Cheremosh river using GIS tools.....	75
Bibik V.V., Vynarshuk O.O., Luk'yanets O.I., Khilchevskiy V.K. Spatio-temporal description of flow of surface-water of pools Sula, Psel and Vorskla.....	85
Holod'ko O.P. Contemporary changes of the bottom sediments complex of Kiev reservoir.....	99
Porokhivnyk T.O., Grebin' V.V. Research of the correlations between water content fluctuations and frequency of floods occurring in Latorica basin.....	106
Rozlach Z.V. Approaches to vertical river channel deformations assessment.....	114

HYDROCHEMISTRY. HYDROEKOLOGY

Linnik P.N., Ivanechko Ya.S., Linnik R.P., Zhezherya V.A.

The content, component composition and dynamics of the dissolved organic substances in water of the Desna River mouth..... 121

Giriy V.A., Kolisnyk I.A., Kosovets O.O., Kuznetsova T.O.

A dynamics over of quality of surface-water of Ukraine at the beginning of XXI century... 129

HYDROECOLOGY. HYDROBIOLOGY

Usenko O.M.

Species resistance of algae to exometabolites of higher aquatic plants..... 137

Gopchak I.V., Basyuk T.A., Grisyuk T.A.

Results of ecological estimation the state of surface water r. Goryn are within the limits of netishyn (KhNPP)..... 143

Melnyk T.P.

Model hydroecological situation of flood regimes conditions dikefications areas (for example Borzhava river)..... 149

GEOGRAPHICAL ASPECTS OF HYDROLOGICAL RESEARCH

Kosovets O., Dovgich M., Samoylenko N., Sokolov V.

The value of the catastrophic floods on the the Dnipro river near Kyiv in 1931 for determination maximum flow characteristics..... 155

Vinarchuk O. O.

General characteristic of water use and water removal in pools of the rivers of Left-bank Forest-steppe (small river Sula, Psyol and the Vorskla)..... 169

Danylchenko E.S.

River as indicator of landscape-ecological situation (by the example of river Sumka)..... 179

INFORMATION

Come of the press 189

УДК 556.53+556.52/55+574.5

Дубняк С. С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОСОБЛИВОСТІ ВЕЛИКИХ РІВНИННИХ ВОДОСХОВИЩ ЯК ОБ'ЄКТА ЕКОСИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ключові слова: велике рівнинне водосховище, водна екосистема, екологічна гідрологія, еколого-гідроморфологічний аналіз

Постановка проблеми. Одним з основних напрямків розвитку суспільства в ХХІ столітті стає екосистемний підхід до природокористування, який повинен забезпечити сталість та безкризовість цього розвитку, максимальне збереження і примноження існуючого біорізноманіття. В рамках такого підходу в останній чверті ХХ століття сформувалося уявлення про водосховища як різновид водних екосистем [1-5], дещо подібних до озерних екосистем. Хоча, як зазначає А. Б. Авакян [3], у водосховищ немає природних аналогів і лише за формою чаші з ними схожі завально-загатні озера.

Поділяючи останню думку стосовно водосховища як водного об'єкта в цілому, вважаємо, що різні частини великих рівнинних водосховищ є аналогами (з різним ступенем подібності) інших водних екосистем. Так нижню і середню, за течією, частини водосховищ можливо і доцільно співставляти з озерними екосистемами, враховуючи відмінності в генезисі і сучасному стані цих водойм, гідроморфологічних особливостях ложа і берегів, режимі рівнів води і течій, компонентах зовнішнього і внутрішнього водообміну, сукцесіях біоти і етапах формування абіотичних факторів та екосистем в цілому. Верхні частини водосховищ (зони виклинювання підпору) допустимо співставляти з ділянками річок, на яких створене водосховище, але і в цьому випадку при подібності гідроморфологічних закономірностей формування ложа, берегів і прилеглої до них частини заплави є корінні відмінності у гідродинамічних особливостях (режим рівнів, течій, переміщення водних мас, водообмін тощо) і, як наслідок – у сукцесіях біоти та етапах формування екосистем.

Практично немає аналогів у перехідної зони водосховищ між її озероподібною і річковою частинами, яка в літературі отримала назву «мілководної» чи «мілководно-осушної зони». На річках такої зони немає взагалі, а на озерах, як і в озероподібній частині водосховищ, є берегові мілководдя (точніше, берегові відмілини), але немає акваторійних мілководь (за виключенням мілководних заплавлених та деяких інших озер). Останні є в

лиманах та естуаріях річок, але гідроморфологічні особливості їх формування настільки відрізняються від таких же в зоні мілководь, що, на нашу думку, їх співставлення є неприпустимим. Ми пропонуємо [6, 7] розглядати мілководні зони великих рівнинних водосховищ в складі їх озероподібних частин.

Між водосховищами і ставками можна проводити аналогії, якщо не враховувати різницю в масштабах цих водних об'єктів і процесах формування їх гідроморфологічних і біотичних особливостей та екосистем в цілому.

З викладеного вище можна зробити висновок, що водосховища як об'єкти досліджень мають специфічні особливості порівняно з іншими водними об'єктами. Короткому аналізу цих особливостей і присвячена ця стаття.

Історія досліджень. Традиційно в країнах СНД і більшості країн Західної Європи водосховищами вважають штучно створені водойми обсягом понад 1 млн.м³. Великими (крупними) при цьому вважаються водосховища, обсяг яких перевищує 1 км³ [3]. В Україні до таких можна віднести водосховища Дніпровського каскаду. За найбільш поширеними класифікаціями [3] дніпровські водосховища належать до рівнинних, неглибоких (середні глибини 3-6 м, максимальні – 10-19 м) або середньої глибини (середні глибини – 7-14 м, максимальні – 20-49 м). За величиною спрацювання рівня води дніпровські водосховища можна віднести до водосховищ з невеликим спрацюванням (1-3 м), а за водообміном – до водосховищ зі значним або дуже великим водообміном (від 2 раз на рік – Кременчуцьке, до 10 і більше раз на рік – Канівське, Дніпродзержинське водосховища). За даними [3] в світі нараховується понад 30 тис. водосховищ, з них близько 2500 великих обсягом понад 100 млн.м³. В США до водосховищ відносять водойми, корисний об'єм яких перевищує 6 млн.м³, тобто повний об'єм таких водосховищ буде складати близько 20 млн. м³.

В 70-х роках минулого століття відбулося становлення наукових центрів, в яких було розгорнуто комплексні дослідження водосховищ – в інститутах «Водпроект» і «Гідропроект» (м. Москва), Центральному НДІ комплексного використання водних ресурсів (м. Мінськ), Сибірському НДІ енергетики (м. Новосибірськ), Інституті земної кори (м. Іркутськ), Інституті водних проблем (м. Москва) та інших. Для координації цих досліджень було створено бюджетну тематику (координатори – «Гідропроект» і Український філіал ЦНДІ КВВР) та секцію водосховищ в складі Науково-технічної ради Держкомітету СРСР з питань науки і техніки.

Водночас на Дніпровському (Гідрогеологічна експедиція Мінводгоспу України, м. Черкаси) і Волзько-Камському (Гідрорежимна експедиція Мінгео СРСР, м. Москва) каскадах було розгорнуто моніторинг формування берегових зон, мілководь, підтоплення земель та замулення ложа великих рівнинних водосховищ. Такі ж роботи на інших водосховищах виконувалися експедиційно.

В Інституті біології внутрішніх вод (м. Борок, Росія) та Інституті гідробіології (м. Київ) були виконані великі за обсягом і охопленням гідрологічні та гідробіологічні дослідження відповідно волзьких і дніпровських водосховищ. Для спостереження за гідрометеорологічним режимом і якістю води на Волзькому і Дніпровському каскадах було організовано моніторингову мережу метеостанцій і гідрологічних постів, відкрито окремі гідропости і метеостанції на інших водосховищах.

Матеріали науково-дослідних робіт і моніторингових досліджень водосховищ було використано для проектування заходів щодо поліпшення природного і технічного стану каскадів або систем водосховищ та їх прибережних смуг (зон). Ці роботи було виконано на 46 великих водосховищах колишнього СРСР у 80-х роках минулого століття. Перші результати цих робіт були узагальнені в роботах [8, 9]. Пізніше за матеріалами проектних і науково-дослідних робіт на водосховищах СРСР було підготовлено низку монографій, що забезпечило становлення гідрології водосховищ як самостійної науки.

Враховуючи господарську значимість і наукову цінність водосховищ протягом останніх трьох десятиліть ХХ століття в складі гідрології як географічної науки сформувався новий напрям досліджень – гідрологія водосховищ. В Російській Федерації, де є багато середніх і великих водосховищ, в рамках гідрології водосховищ розглядаються саме такі водойми. Основний вклад у формування цього напрямку наукових досліджень внесли видатні російські гідрологи А. Б. Авакян, Б. Б. Богословський, М. В. Буторін, С. Л. Вендров та інші. Особливо слід відзначити заслуги Ю. М. Матарзіна в становленні гідрології водосховищ як географічної науки і навчальної дисципліни, який ще в 70-80-х рр. минулого століття за допомогою Б. Б. Богословського та І. К. Мацкевича узагальнив багаторічні комплексні дослідження гідрологічних аспектів великих водосховищ у вигляді п'яти навчальних посібників. В цих посібниках класичні розділи з гідрології водосховищ в курсах загальної гідрології і гідрології суші було розгорнуто в окремі розділи гідрології водосховищ: специфіка і морфометрія водосховищ, гідрологічні процеси у водосховищах в цілому та окремо в їх верхніх та нижніх б'єфах, формування водосховищ та їх вплив на природу і господарство. Завершився цей цикл робіт розробкою А. Б. Авакяна та Ю. М. Матарзіна [9], де дано комплексну оцінку водосховищ та їх народногосподарського значення. Остаточні власні багаторічні дослідження водосховищ та узагальнення робіт інших авторів дозволили Ю. М. Матарзіну опублікувати фундаментальну монографію з питань гідрології водосховищ [10]. Сучасним проблемам водосховищ як нових географічних об'єктів ХХ століття (за визначенням А. Б. Авакяна, [11]) присвячені праці Міжнародної науково-практичної конференції «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов», яку раз на два роки (починаючи з 2007 р.) організовують учні і послідовники Ю. М. Матарзіна в Пермському державному університеті (Російська Федерація).

У Білорусі, завдяки працям В. М. Широкова та його учнів успішно розвивається гідрологія малих озер, водосховищ і боліт [12].

В Україні до сьогодні «гідрологія водосховищ» входить як окремий розділ до загальних курсів гідрології або ж гідрології суші [13]. На нашу думку, це пов'язано з відсутністю в Україні узагальнюючих праць щодо саме водосховищ, оскільки переважна більшість із понад 1200 водосховищ України є малими (обсягом менше 10 млн. м³), або ж невеликими (обсягом менше 100 млн. м³). Роль таких водосховищ в господарстві та економіці України порівняно незначна, їх господарське значення не виходить за місцевий рівень. Наявність таких водосховищ як дніпровські, дністровські та деякі інші, які мають загальнодержавне або регіональне значення, нівелює інтерес до малих водосховищ.

Правда, за останні два десятиріччя в зв'язку з екологічними та водогосподарськими і енергетичними проблемами інтерес до малих водних об'єктів в Україні значно зріс: завершено їх паспортизацію, розроблено довідники щодо водних ресурсів, гідрометеорологічних характеристик та інше. Але цих матеріалів вочевидь не достатньо для монографічних еколого-гідроморфологічних досліджень, порівняно з вивченістю таких об'єктів як каскад дніпровських водосховищ.

Обговорення результатів досліджень. Враховуючи господарську значимість і добру вивченість водосховищ Дніпровського каскаду та необхідність розробки екосистемних підходів до природокористування в рамках екологічної гідрології водних екосистем України започатковано напрямок, який можна назвати екологічною гідрологією водосховищ [14]. Водосховища при цьому розглядаються як особливий вид озерно-річкових екосистем [4, 6, 7, 15]. Екогідрологія сформувалась на стику гідроекології і гідрології як нова наука, що розглядає гідрологічні явища і процеси як екологічні абіотичні фактори [4, 16, 17].

За Ю. Одумом [1, 2] будь-яка екосистема поділяється на два компоненти: біотичний та абіотичний. Цей же автор наголошує, що біотичні (живі) та абіотичні (неживі) компоненти екосистем тісно переплетені між собою, тому чітких відмінностей між ними немає і у функціональних класифікаціях вони окремо не виділяються. Але все таки з гносеологічною метою при екосистемних дослідженнях будь-яких екосистем їх поділяють на біотичний та абіотичний компоненти, щоб виявити їх взаємозв'язки та роль у функціонуванні і розвитку екосистем.

Абіотичні компоненти – це фактори і умови середовища, в якому функціонує біота. Стосовно водних об'єктів умови середовища проявляються через біотопи, характеристиками яких є показники ґрунтів і підстилаючого рельєфу та фізико-хімічні особливості стовпа води. Сюди відносяться: геологічна будова (підстилаючі воду породи), морфометрія вихідного рельєфу, глибина, температура, прозорість, хімічний склад води тощо. Біотопи зазнають постійного впливу різних сил і потоків енергії та речовини, які традиційно називають факторами (чинниками). Основні фактори у водних екосистемах – це гідродинаміка вод (течії, переміщення і перемішування

водних мас, водообмін, вітро-хвильові процеси, коливання рівнів води), літодинаміка завислих і донних наносів (розмив, транспорт, акумуляція), морфодинаміка (зміна форм рельєфу ложа і берегів водойми). У Водній Рамковій Директиві Європейського Союзу (2000 р.), схваленій Верховною Радою України, наголошується на необхідності моніторингу і оцінки таких факторів водних екосистем: гідроморфологічні, фізико-хімічні та біологічні. На нашу думку, еколого-гідроморфологічний аналіз водних екосистем є необхідним елементом оцінки їх екологічного стану, оскільки антропогенний вплив на водойми проявляється перш за все на абіотичному компоненті водного середовища, через зміни якого відбувається трансформація біотичного компонента, враховуючи при цьому і обернені зв'язки.

Оцінка ступеню впливу різних факторів і умов дніпровських водосховищ на їх мілководні зони [6] показала необхідність застосування для таких цілей концепції меж толерантності і «закону мінімуму» Лібіха. Підтвердилось положення, що лімітуючі умови і фактори виникають як при їх надлишку, так і при недостатності. З іншого боку, лімітуючими виступають фактори, кількісні показники яких для стабільного стану функціонування екосистеми є мінімальними. Послідовне застосування цих концепцій до водних екосистем дніпровських водосховищ дозволить ранжувати і класифікувати основні фактори і умови та виконати еколого-гідроморфологічне районування і структурування водосховищ.

Каскад дніпровських водосховищ, як і інші водосховища, виступає яскравим прикладом того, що зміна одного, але лімітуючого фактора на окремих ділянках річкових екосистем Дніпра – режиму рівнів води, призвела до корінної зміни існуючої річкової системи, що позначилось як на її абіотичних, так і на біотичних компонентах.

На сьогодні еколого-гідрологічні дослідження водосховищ виконуються в контексті таких досліджень інших водойм, хоча при цьому акцентується увага на специфічних рисах водосховищ (штучність їх походження, молодість, поєднання озерної і річкової екосистем та, водночас, повна самоідентичність, можливість управляти екологічним станом тощо). Водосховища при цьому розглядаються як особливий вид озерно-річкових екосистем [4, 6, 15, 18]. Так В. М. Тімченко [4] виділяє каскад дніпровських водосховищ в самостійну групу водних об'єктів України виходячи із співвідношення елементів гідрологічного режиму, які обумовлюють характерні риси цих водосховищ, і враховуючи їх роль у формуванні водних і біологічних ресурсів. Оцінюючи з еколого-гідрологічних позицій каскад дніпровських водосховищ, В. М. Тімченко [4] прийшов до висновку, що за тривалий період експлуатації водосховищ встановився певний екологічний статус кожного з них, екосистеми їх налаштувалися на гідрологічний режим, що склався, який в значній мірі окрім природних факторів визначається режимом експлуатації водосховищ.

Розробка і застосування теоретичної і методичної бази екологічної гідрології до дніпровських водосховищ дали можливість [4, 6, 7, 14, 18] вивчити зміни елементів гідрологічного режиму, які призводять до корінної

трансформації водної екосистеми річки в екосистему водосховища, встановити взаємозв'язки між гідрологічними процесами і біотою та оцінити екологічний стан водосховищ і їх окремих складових частин, розробити підходи до управління станом екосистем водосховищ, принаймні у верхніх їх річкоподібних частинах шляхом регулювання елементів гідрологічного режиму – попусків гідроелектростанцій.

Як показали дослідження автора статті та інших фахівців на дніпровських та інших великих рівнинних водосховищах, виконані в останні 15-20 років, оцінка екологічного стану водосховищ не вичерпується вивченням впливу на цей стан абіотичних гідрологічних факторів і умов. Підставою для цього є декілька груп причин, основні з яких – це гетерогенність, молодість та відносна мілководність рівнинних водосховищ.

Як уже зазначалось вище, у водосховищ немає природних аналогів. Вони є антропогенними об'єктами з комплексом заходів і засобів, призначених для управління їх водним режимом і станом ложа, берегів та прибережних територій. З іншого боку, водосховища активно впливають на всі компоненти довкілля і зазнають його впливу. Тому в літературі великі рівнинні водосховища отримали назву природно-технічних систем [3, 8 11].

Аналіз морфологічних, гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних особливостей водосховищ показує, що це принципово інший тип водного об'єкту, ніж річки та озера. Структура і спрямованість абіотичних умов і факторів у водосховищах просторово мінлива, неоднорідна, що визначає мінливість біомаси і продуктивності основних екологічних компонентів, чого не спостерігається ні в річках, ні в озерах. Більшість дослідників пояснюють значне біорізноманіття на водосховищах, порівняно з озерами і річками, морфометричними і гідроморфологічними характеристиками, різноманітністю біотопів на водосховищах, особливо на їх мілководдях. Такі зміни знаходять відображення в зростанні біомаси і урізноманітненні фітопланктону, водної рослинності, зоопланктону, бентосу.

У водосховищах, на відміну від річок і озер, формуються неоднорідні системи транзитно-циркуляційних течій, причому різні в різних зонах водосховища. Останнє визначається особливостями затопленого рельєфу. Так найбільш гідродинамічно активні ділянки прив'язані до колишніх русел, ділянки замкнучих циркуляцій – до затоплених (з глибинами більше 2-3 м) заплав і надзаплавних терас, а застійні зони – до мілководь, відшнурованих русел, стариць [18]. Морфологічні і морфометричні особливості водосховища та окремих його частин визначають параметри течій і вітрового хвилювання, які впливають на формування берегів і ложа водосховищ, режим змучування і кисневий режим, умови існування всіх видів біоти, особливо планктону і повітряно-водної рослинності. Вплив конфігурації затопленої водосховищем річкової долини та її рельєфу чітко проявляється у формуванні і переміщенні вздовж водосховища водних мас.

Отже, можна констатувати, що великі рівнинні водосховища – це гетерогенні природно-технічні водні екосистеми, які на відміну від інших водних об'єктів, водночас подібні до річки і озера, вони мають природні і

штучні риси. В зоні контактів водойм з прилеглою сушею виникають екотони, які зазнають взаємного впливу екосистем суші і води та водночас є своєрідними екосистемами в складі комплексної гетерогенної екосистеми водосховища.

Своєрідно відбуваються у водосховищах порівняно з річками і озерами седиментаційні процеси. У зв'язку зі зменшенням швидкостей стокових течій в озероподібних частинах водосховищ відбувається активне відкладення наносів, причому крупність цих наносів зменшується вздовж водосховища вниз до греблі і від берегів до затоплених русел і стариць. Знову ж таки слід відмітити значний вплив затопленого рельєфу на процеси седиментації наносів у водосховищах. У середньому в рівнинних водосховищах затримується 90-95 % донних і завислих наносів, що призводить до їх поступового замулення і занесення. Основним джерелом різних видів наносів у водосховищах у перші 10-15 років після наповнення служить розмив берегів і ложа, пізніше – поверхневий стік і місцева біота.

Водосховище відрізняється від річки чи озера тим, що його утворення і розвиток відбуваються не еволюційним шляхом, а стрибкоподібно. Завдяки цьому ми маємо можливість вивчати початкові вихідні стадії формування водних екосистем водосховищ. Провідне значення для формування водних екосистем на цьому початковому етапі належить вихідному затопленому водосховищем рельєфу і геологічній будові русла і заплави річки, розташуванню новостворених загального і місцевих базисів ерозії. Загальне підвищення базису ерозії викликає пенеппенізацію (вирівнювання) рельєфу стосовно цього базису. Це тривалі в часі процеси формування ложа водосховища як єдиної гетерогенної поверхні шляхом розмиву підвищень і уступів та занесення западин і понижень (така поверхня уже сформована на озерах і морях). Такий же генеральний напрямок розвитку берегових екотонів – вирівнювання рельєфу в зоні взаємовпливу суші і води. Процеси пенеппенізації рельєфу відрізняються в річкоподібній і озероподібній частинах водосховища та в берегових екотонах. Все це позначається на умовах виникнення і сукцесіях біоти і повинно враховуватися при дослідженнях структурно-функціональних особливостей екосистем водосховищ шляхом їх районування, типізації, зонування.

Вплив затопленого рельєфу і геологічної будови на стан екосистем водосховищ з часом затухає, тобто є детерміністським, інерційним, що обумовлює нестаціонарність розвитку цих екосистем на фоні стаціонарності протягом тривалих проміжків часу гідрологічних умов і факторів. Нестационарність, інерційність розвитку екосистем водосховищ визначає поділ історії цього процесу на окремі етапи (періоди) розвитку ложа, берегової лінії, мілководь, зон підтоплення, ерозійної активності, які синхронно проявляються в сукцесіях біоти.

Однак слід мати на увазі ще одну принципову особливість водосховищ як природно-технічних об'єктів – їх високу динамічність [3, 6, 11]. Вона обумовлена, на нашу думку, значною енергією процесів в період «молодості» водосховища – значні перепади відміток рельєфу і похилів поверхонь,

наявність незаповнених наносами і рослинністю ділянок акваторій, відсутність обмежуючих природних перешкод. Такі умови стимулюють течії і вітрове хвилювання, переміщення наносів та їх акумуляцію, розростання нових видів рослинності, в першу чергу, повітряно-водяної. В результаті активно розмиваються береги і ложе водосховища, заносяться западини і пониження, зрізаються миси і заносяться бухти, вирівнюється і скорочується берегова лінія, виположується дно водосховищ.

Протягом більш тривалих проміжків часу динамічність водосховищ як природно-господарських об'єктів визначається впливом господарства та змінами режиму (правил експлуатації) водосховищ, чого не може бути на озерах чи річках. Тому говорити про прогнозовану еволюцію водосховищ чи стабілізацію їх стану, як це відбувається в річках чи озерах, правомірно лише в розумінні збереження в майбутньому існуючого сьогодні експлуатаційного режиму. Навпаки, еволюція озер і річок відбувається поступово, протягом значних часових інтервалів, спрямована на досягнення динамічної рівноваги між різними факторами цієї еволюції. На водосховищах такі стабілізаційні зміни відбуваються революційно, стрибкоподібно, протягом порівняно коротких проміжків часу – сотні років, тому і прогнози цих змін не варто виносити за межі часу розрахункової експлуатації водосховища. Більш того, спроби використати стрибкоподібні зміни компонентів водосховищ як аналогії для вивчення початкових стадій еволюції озер чи річок, як і навпаки – знаючи нинішній стан річок і озер давати прогнози розвитку водосховищ, на нашу думку, є безпідставними, оскільки це різні об'єкти з відмінною історією розвитку та її початками.

Для великих рівнинних водосховищ на річках характерна мілководність. Так на дніпровських водосховищах середні глибини не перевищують 10 м, а мілководдя з глибинами до 2 м складають майже 20% їх загальної площі. Враховуючи це, можна зробити висновок, що понад 50% площі акваторії водосховищ охоплені вітро-хвильовими процесами (хвилями, течіями), переміщенням і водообміном водних мас, турбулентним перемішуванням, розмивом дна і берегів, потоками наносів та їх седиментацією. Отже, поряд з гідродинамікою вод і їх фізичними властивостями, які в однаковій мірі проявляються в озерах, морях і водосховищах, на останніх провідну роль як абіотичні фактори відіграють морфо- і літодинаміка рельєфу і відкладів, які визначають місцеву специфіку біотопів, sukcesії біоти.

Висновки. Водосховища Дніпровського каскаду, як і великі рівнинні водосховища взагалі, не мають як водні об'єкти природних аналогів, хоча різні їх частини можуть бути з різним ступенем подібності аналогами інших водних екосистем (річок, озер, лиманів тощо). Специфічні особливості великих водосховищ як об'єкта екосистемних досліджень визначаються їх стрибкоподібним утворенням, динамічністю всіх процесів і факторів в період становлення цих екосистем; нестаціонарністю та інерційністю процесів формування екосистем; визначальним впливом на формування екосистеми вихідної геологічної будови і рельєфу затопленої долини, літо- і

морфодинаміки наносів і форм рельєфу поряд з гідрологічними умовами та гідродинамікою вод.

Враховуючи вище викладене, слід констатувати, що без вивчення геологічної будови і морфології затопленої водосховищем річкової долини, морфо- і літодинаміки, що обумовлені змінами базису ерозії в зв'язку з наповненням водосховища та його експлуатацією, суто гідрологічними дослідженнями неможливо дати повну комплексну оцінку стану екосистеми водосховища чи окремих її частин та спрогнозувати (змоделювати) їх розвиток. Пропонується еколого-гідрологічні дослідження на водосховищах доповнити морфологічними (походження, історія, будова і типи рельєфу та їх морфо- і літодинаміка) під єдиною назвою «еколого-гідроморфологічний аналіз» і застосовувати його як методологічну основу екологічної гідрології водосховищ.

Список літератури

1. *Одум Ю.* Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 742 с.
2. *Одум Ю.* Экология : в 2-х тт. / Ю. Одум – М. : Мир, 1986. – Т.1. – 328 с., Т.2. – 376 с.
3. *Авакян А. Б.* Водохранилища / Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А. – М. : Мысль, 1987. – 325 с.
4. *Тимченко В. М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья / В. М. Тимченко. – К. : Наук. думка, 1990. – 240 с.
5. *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоемов Украины / В. М. Тимченко. – К. : Наук. думка, 2006. – 383 с.
6. *Дубняк С. С.* Эколого-гидрологический подход к определению границ мелководий на водохранилищах / С. С. Дубняк // Гидробиол. журн. – 1996. – 32, №5. – С. 102-107.
7. *Дубняк С. С.* Аналіз існуючих підходів до районування водосховищ та пропозиції по його удосконаленню / С. С. Дубняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 295-302.
8. *Дубняк С. А.* Организация и проведение мероприятий по улучшению природно-технического состояния и благоустройству водохранилищ / С. А. Дубняк, И. Н. Крынько. – К. : Изд-е ВПИК Минводхоза СССР, 1986. – 87 с.
9. *Авакян А. Б.* Водохранилища и их народнохозяйственное значение : уч. пособие / А. Б. Авакян, Ю. М. Матарзин. – Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 1984. – 84 с.
10. *Матарзин Ю. М.* Гидрология водохранилищ / Ю. М. Матарзин. – Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2003. – 296 с.
11. *Авакян А. Б.* Водохранилища – новые географические объекты XX века / А. Б. Авакян // Гидрология и русловые процессы. – 1998. – Вып. 5. – С. 6-15.
12. *Лопух П. С.* Вклад трудов профессора Ю. М. Матарзина в развитие научного направления гидрологии водохранилищ и их влияние на исследование малых водохранилищ Беларуси / П. С. Лопух // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов : в 4 т. – Пермь, Изд-во Перм. ун-та, 2011. – Т.1 : Гидро- и геодинамические процессы. – С. 3-8.
13. *Загальна гідрологія : підручник* / [В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, В. В. Гребін та ін.]. – К. : ВПЦ «Київський ун-т», 2008. – 399 с.
14. *Dubnyak S.* Ecological role of hydrodynamic processes in the Dnieper reservoirs / S. Dubnyak, V. Timchenko // Ecological Engineering. – 2000. – N 16. – P. 181-188.
15. *Романенко В. Д.* Основы гидроэкологии: Підручник / В. Д. Романенко. – К. : Обереги, 2001. – 728 с.
16. *Фащевский Б. В.* Основы экологической гидрологии / Б. В. Фащевский – Минск : Экоинвест, 1996. – 240 с.
17. *Zalewski M.* Conceptual background / Zalewski M., Janauer G.A., Jolankai G. // Ecohydrology : a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. – Paris : Int. Progr. UNESCO, 1997. – Technical Document in Hydrology
18. *Дубняк С. С.* Методологічні основи еколого-гідроморфологічного аналізу екосистем великих рівнинних водосховищ / С.С. Дубняк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.1(18). – С. 30-41.

Особенности великих равнинных водохранилищ как объекта экосистемных исследований

Дубняк С.С.

Статья посвящена анализу специфических особенностей великих равнинных водохранилищ как объекта экосистемных исследований у порівнянні з іншими водними екосистемами (річками, озерами, лиманами, ставками). За матеріалами автора та інших дослідників по водосховищам, в первую очередь – Волго-Камського и Дніпровського каскадів, показано, що екосистемні дослідження водосховищ обов'язково повинні включати крім традиційних еколого-гідрологічних оцінок вивчення вихідних геології та рельєфу затопленої долини, сучасної літодинаміки наносів та морфодинаміки ложа и берегів. Комплекс таких досліджень пропонується називати еколого-гідроморфологічним аналізом.

Ключові слова: велике рівнинне водосховище, водна екосистема, екологічна гідрологія, еколого-гідроморфологічний аналіз.

Особенности крупных равнинных водохранилищ как объекта экосистемных исследований

Дубняк С.С.

Статья посвящена анализу отличительных особенностей крупных равнинных водохранилищ как объекта экосистемных исследований по сравнению с другими водными экосистемами (реками, озерами, лиманами, прудами). На материалах автора и других исследователей по водохранилищам, в первую очередь – Волжско-Камского и Днепроовского каскадов, показано, что экосистемные исследования водохранилищ обязательно должны включать кроме традиционных еколого-гідрологіческих оценок изучение исходных геологии и рельефа затопленной долины, современной литодинамики наносов и морфодинамики ложа и берегов. Комплекс таких исследований предлагается называть еколого-гідроморфологіческим аналізом.

Ключевые слова: крупное равнинное водохранилище, водная экосистема, экологическая гидрология, еколого-гідроморфологіческий аналіз.

Features of large flat reservoirs as an object of ecosystem researches

Dubnyak S.S.

This article is devoted to the analysis of distinctive features of large flat reservoirs as an object of ecosystem researches in comparison with other aquatic ecosystems (rivers, lakes, ponds). Using the materials of our and other researchers on reservoirs, first of all – on the Volga, Kama and Dnieper cascades, it is shown, that ecosystem research of reservoirs necessarily should include not only traditional ecohydrological estimations but also – study of initial geology and relief of the flooded valley, modern lithodynamic of sediment and morphodynamic of bed and coast. It is offered to name a complex of such researches as the ecohydromorphological analysis.

Key words: large flat reservoir, aquatic ecosystem, ecohydrology, ecohydromorphological analysis.

Надійшла до редколегії 10.11.2011

Сінченко В.Г.¹, Омельченко Н.М.²

¹ ДП «Інститут екогігієни і токсикології ім.Л.І.Медведя» МОЗ України,
відділ медико-екологічних проблем, м. Чернівці

² НТУ «Харківський політехнічний інститут», Чернівецький факультет

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ РАДІОНУКЛІДІВ Cs-137 ТА Sr-90 У ПИТНІЙ ВОДІ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ПРИ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЇХ ВМІСТУ АДСОРБЦІЙНО- СПЕКТРОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Ключові слова: питна вода; радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr ; спектрометрія; показники радіаційної безпеки; моніторинг

Вступ. Наявне забруднення частини території України радіонуклідами (РН) з тривалим періодом напіврозпаду, зумовлене їх антропогенним походженням, зокрема аварією на ЧАЕС [1], дає підґрунтя для їх надходження у поверхневі водоносні горизонти і далі в джерела господарського та питного водопостачання. Міграції РН з поверхні сприяють вітровий перенос пилового аерозолу і осідання його на ґрунтово-рослинні і водні поверхні, культивування сільськогосподарських угідь, водна міграція, ландшафтно-геохімічні особливості територій [2]. Особливу небезпеку становлять РН ^{137}Cs та ^{90}Sr , які через високу хімічну активність та розчинність легко вбудовуються в біологічні цикли природних біоекосистем [3] та організму людини [4]. Тому проведення досліджень по вивченню вмісту РН ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді джерел питного водопостачання видається актуальним і необхідним як з позиції наукового вивчення процесів міграції РН у природних екосистемах так і з позиції прикладної радіології – безпеки споживання води для організму людини, особливо у зонах радіоактивного забруднення [5]. Вимоги на здійснення таких досліджень в останньому випадку та науково обґрунтовані гігієнічні регламенти наведено в [6, 7].

Вихідні передумови. Дослідження забрудненості води природних джерел водопостачання ^{137}Cs та ^{90}Sr можна проводити як методом класичного радіохімічного аналізу [8], так і методами гама- та бета-спектрометрії [9]. В першому випадку проводиться виділення цих РН з наступними вимірюваннями їх активності гама- та бета-радіометром. Аналіз потребує проведення великої кількості хімічних операцій, різноманітних хімічних реактивів, значного часу на його виконання. Початковий об'єм проби води для досліджень становить 20-60 дм³.

Більш зручний у застосуванні для проведення відповідних досліджень наявності ^{137}Cs та ^{90}Sr у воді є метод їх адсорбції у вигляді катіонів на іонообмінних смолах з наступним вимірюванням активності ^{137}Cs та ^{90}Sr за допомогою бета-спектрометра. Метод рекомендовано застосовувати при дослідженнях поверхневих, ґрунтових та стічних вод довкілля. Методики

виконання вимірювань (МВВ) та вимоги до лічильних зразків у таких дослідженнях з використанням спектрометричного комплексу «Прогрес» наведено в [10], а з спектрометрами серії СЕБ-01-XXX – в [11]. Початковий об'єм проби води в методі адсорбції катіонів становить 5-10 дм³, що зумовлено обмеженою ємністю катіоніту і що суттєво менше в порівнянні з методом радіохімічного аналізу. В той же час, для поширення застосування методу адсорбції катіонів та МВВ на дослідження вмісту РН ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у водах, склад яких містить більшу кількість катіонів різних хімічних елементів, слід визначити можливості зменшення початкового об'єму (V_п) води, яка досліджується на вміст цих РН.

Мета та завдання. Дана робота присвячена уточненню методичних підходів до проведення методом адсорбції катіонів досліджень вмісту ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у питній воді як з позицій визначеності питомої активності цих РН, так і застосування одержаних результатів для розрахунку показників радіаційної безпеки [6]. Застосовується комплексний підхід, який пов'язує всі етапи досліджень: від способу підготовки лічильного зразка до вимірювань вмісту РН та до розрахунку показника придатності в критерії радіаційної безпеки. Аналіз проводиться з врахуванням метрологічних характеристик бета-спектрометра. Завдання роботи – встановлення характеристик МВВ, таких як нижня межа вимірювання питомої активності ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr, а також знаходження верхніх меж активності цих РН, значення яких задовольняють критерій безпечного вмісту ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у питній воді. При цьому розглядаються випадки різних величин об'єму V_п води. Проведені уточнення сприяють підвищенню точності і достовірності одержуваних результатів при встановленні якості питної води.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо взаємозв'язок, який встановлює критерій радіаційної безпеки питної води між величинами питомої активності РН ¹³⁷Cs – A_{Cs} та ⁹⁰Sr – A_{Sr}, величиною допустимих рівнів U_{Cs}, U_{Sr} цих РН та величиною мінімально вимірюваної питомої активності (МВПА) для ¹³⁷Cs – ^{MB}A_{Cs} та ⁹⁰Sr – ^{MB}A_{Sr} [6]. У випадку наявності у питній воді РН ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr цей зв'язок визначається формулою:

$$A_{Cs} + A_{Sr} + 0,6 \cdot [0,44 \cdot (A_{Cs}^2 + A_{Sr}^2)^{0,5}] \leq 2. \quad (1)$$

У співвідношенні (1) враховано, що для питної води встановлені значення U_{Cs}=U_{Sr}=2 Бк/дм³. В ньому також припускається, що величина максимальної допустимої основної похибки вимірювання питомої активності δ МВВ для обох РН не перевищує 0,4 при довірчій імовірності P=0,95.

У випадку відсутності у питній воді одного з РН, наприклад, ¹³⁷Cs, або коли виміряна величина його питомої активності менша за ^{MB}A_{Cs}, критерій безпечного вмісту ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr встановлюється як:

$$1,2 \cdot {}^{MB}A_{Cs} + A_{Sr} + 0,6 \cdot [0,44 \cdot ({}^{MB}A_{Cs}^2 + A_{Sr}^2)^{0,5}] \leq 2. \quad (2)$$

При наявності у питній воді ¹³⁷Cs та відсутності в ній ⁹⁰Sr, або коли виміряна величина питомої активності ⁹⁰Sr менша за його ^{MB}A_{Sr},

співвідношення (2) трансформується. Функціональний зв'язок між активностями РН залишається аналогічним (2), однак індекси «Cs» і «Sr» міняються місцями.

Коли вимірювані значення питомої активності обох РН менші за відповідні їм МВПА, визначені в процесі вимірювань, придатність питної води до споживання визначаються з критерію радіаційної безпеки за формулою:

$$1,2 \cdot {}^{MB}A_{Cs} + 1,2 \cdot {}^{MB}A_{Sr} + 0,6 \cdot [0,44 \cdot ({}^{MB}A_{Cs}^2 + {}^{MB}A_{Sr}^2)^{0,5}] \leq 2. \quad (3)$$

Співвідношення (2)–(3), як і (1), відповідають значенню похибки $\delta=0,4$ при довірчій ймовірності при вимірюваннях питомої активності $P=0,95$. Також при розрахунках має виконуватись умова обмеження 40% відносною похибки визначення показника відповідності, яку для співвідношень (1)–(3) можна записати як:

$$\begin{aligned} [0,44 \cdot (A_{Cs}^2 + A_{Sr}^2)^{0,5}] &\leq 0,8; \\ [0,44 \cdot ({}^{MB}A_{Cs}^2 + A_{Sr}^2)^{0,5}] &\leq 0,8; \\ [0,44 \cdot ({}^{MB}A_{Cs}^2 + {}^{MB}A_{Sr}^2)^{0,5}] &\leq 0,8. \end{aligned} \quad (4)$$

Співвідношення (1)–(3) дозволяють розрахувати величину значень верхньої межі вимірювань питомої активності РН $^{137}\text{Cs} - {}^B A_{Cs}$ та РН $^{90}\text{Sr} - {}^B A_{Sr}$ якщо відомі величини A_{Cs} , A_{Sr} та ${}^{MB}A_{Cs}$ і ${}^{MB}A_{Sr}$ цих РН. Величини ${}^B A_{Cs}$ та ${}^B A_{Sr}$ визначаються з (1)–(3) при умові переходу нерівності в рівність. Нижні межі вимірювання активності РН $^{137}\text{Cs} - {}^H A_{Cs}$ та $^{90}\text{Sr} - {}^H A_{Sr}$ встановлюються як межі, починаючи з яких питома активність РН при заданій довірчій ймовірності P гарантовано визначається з похибкою, яка не перевищує встановленого значення. Величини ${}^H A_{Cs}$ та ${}^H A_{Sr}$ визначаються через їх зв'язок з мінімально вимірюваною питомою активністю спектрометра МВПА $_{Cs}$ та МВПА $_{Sr}$. Цей зв'язок для ^{137}Cs та ^{90}Sr можна записати як:

$${}^H A_{Cs} = 2 \cdot {}^{MB}A_{Cs} = 2 \cdot k_k \cdot \text{МВПА}_{Cs}; \quad {}^H A_{Sr} = 2 \cdot {}^{MB}A_{Sr} = 2 \cdot k_k \cdot \text{МВПА}_{Sr}, \quad (5)$$

де k_k – коефіцієнт концентрування проби води по об'єму. Коефіцієнт 2 вводиться для компенсації недосконалості теорії розрахунку величин ${}^{MB}A_{Cs}$ та ${}^{MB}A_{Sr}$.

Розглянемо результати розрахунку величин ${}^H A_{Cs}$, ${}^H A_{Sr}$ та ${}^B A_{Cs}$, ${}^B A_{Sr}$ у випадку, коли МВПА $_{Cs}$ і МВПА $_{Sr}$ відповідають максимально допустимим, згідно з МВВ [11], значеннями в 200 Бк/дм³ та 60 Бк/дм³ відповідно. Дійсно, згідно цієї МВВ, рекомендованої для визначення вмісту РН ^{137}Cs та ^{90}Sr у питній воді [12], питома активність ^{90}Sr у воді визначається по питомій активності ^{90}Y і тому можна прийняти МВПА $_{Sr} = \text{МВПА}_Y = 60 \text{ Бк/дм}^3$. Також зробимо розрахунок для випадку МВПА $_{Cs} = 50 \text{ Бк/дм}^3$ та МВПА $_{Sr} = 25 \text{ Бк/дм}^3$, який відповідає значенням метрологічних характеристик спектрометра типу СЕБ-01-XXX, наведеним в [13]. При розрахунках значення величин k_k вибрано 0,002, що відповідає початковому об'єму проби води $V_{\pi} = 5,0 \text{ дм}^3$. Розрахунок здійснено з використанням співвідношень (2) та (5). В таблиці 1 наведено одержані результати.

Таблиця 1. Розрахункові значення питомих активностей ${}^H A_{Cs}$, ${}^H A_{Sr}$ та ${}^B A_{Cs}$, ${}^B A_{Sr}$ в Бк/дм³ для $V_{п}=5,0$ дм³ при різних МВПА_{Cs} та МВПА_{Sr}

МВПА _{Cs} =50 Бк/дм ³ , МВПА _{Sr} =25 Бк/дм ³				МВПА _{Cs} =200 Бк/дм ³ , МВПА _{Sr} =60 Бк/дм ³			
${}^H A_{Cs}$	${}^B A_{Cs}$	${}^H A_{Sr}$	${}^B A_{Sr}$	${}^H A_{Cs}$	${}^B A_{Cs}$	${}^H A_{Sr}$	${}^B A_{Sr}$
0,20	1,663	0,10	1,487	0,80	1,467	0,24	1,166

Зазначимо, що співвідношення (2) вибрано для розрахунків як орієнтовне. Воно відповідає випадку, який частіше за інші, має спостерігатись в реальних умовах. Дійсно, за результатами моніторингових досліджень вмісту РН ${}^{137}Cs$ та ${}^{90}Sr$ у поверхневих шарах ґрунту, наявна питома активність ${}^{137}Cs$ суттєво перевищує питому активність ${}^{90}Sr$ [14]. Можна припустити, що при міграції РН з поверхні до джерел водопостачання співвідношення між активностями РН ${}^{137}Cs$ та ${}^{90}Sr$ суттєво не зміняться. Тому результати розрахунків та висновків з них носять загальний характер. Точніші кількісні значення величин ${}^B A_{Cs}$ та ${}^B A_{Sr}$ при іншому співвідношенні між активностями РН можна встановити аналогічно, зробивши розрахунки за співвідношеннями (1) та (3).

Перейдемо до розгляду результатів розрахунку. З табл. 1 видно, що зменшення МВПА_{Cs} з 200 до 50 Бк/дм³ та МВПА_{Sr} з 60 до 25 Бк/дм³ призводить до зменшення величин ${}^H A_{Cs}$ з 0,80 до 0,20 Бк/дм³, а ${}^H A_{Sr}$ з 0,24 до 0,10 Бк/дм³. Це обумовлює можливість збільшення величини ${}^H A_{Cs}$ та ${}^H A_{Sr}$ для спектрометра з МВПА_{Cs}=50 Бк/дм³ та МВПА_{Sr}=25 Бк/дм³ за рахунок збільшення значення коефіцієнту k_K , тобто зменшення величини $V_{п}$. Наприклад, для $V_{п}=2,0$ дм³ величина ${}^H A_{Cs}$ становить 0,50 Бк/дм³, а ${}^H A_{Sr}$ =0,25 Бк/дм³, що відповідає вимогам МВВ. Розгляд змін значень величин ${}^B A_{Cs}$ та ${}^B A_{Sr}$ наступний. Так, ${}^B A_{Cs}$ зростає з 1,467 до 1,663 Бк/дм³, а ${}^B A_{Sr}$ з 1,116 до 1,487 Бк/дм³. Для випадку спектрометра з МВПА_{Cs} = 50 Бк/дм³ та МВПА_{Sr} = 25 Бк/дм³ зменшення об'єму $V_{п}$ до 2,0 дм³, як показує розрахунок, призводить до зменшення значень ${}^B A_{Cs}$ та ${}^B A_{Sr}$ до 1,463 Бк/дм³ і 1,340 Бк/дм³ відповідно в порівнянні з випадком $V_{п} = 5,0$ дм³. Ці значення не перевищують розрахованих за вимогами МВВ. Таким чином, можна реалізувати шлях зменшення об'єму $V_{п}$ у випадку реального спектрометра, коли його метрологічні характеристики, МВПА_{Cs} та МВПА_{Sr} які визначені в результаті метрологічної атестації, є меншими за встановлені вимогами МВВ.

Такий підхід використано при встановленні діапазону варіацій значень питомої активності РН у випадку реального бета-спектрометра СЕБ-01-150 з МВПА_{Cs} = 110 Бк/дм³ та МВПА_{Sr} = 60 Бк/дм³. Результати розрахунків для різних величин $V_{п}$ наведено в табл. 2. Величини $V_{п}$ вибрані з урахуванням специфіки програмного забезпечення спектрометра, згідно якого коефіцієнт k_K змінюється з кроком 0,001.

Таблиця 2. Значення ${}^H A_{Cs}$, ${}^B A_{Cs}$ та ${}^H A_{Sr}$, ${}^B A_{Sr}$ при різних початкових об'ємах $V_{п}$

$V_{п}, \text{дм}^3$	k_K	${}^H A_{Cs}, \text{Бк/дм}^3$	${}^B A_{Cs}, \text{Бк/дм}^3$	${}^H A_{Sr}, \text{Бк/дм}^3$	${}^B A_{Sr}, \text{Бк/дм}^3$
2,00	0,005	1,10	1,209	0,60	1,031
2,50	0,004	0,88	1,358	0,48	1,148
3,33	0,003	0,66	1,409	0,36	1,260
5,00	0,002	0,44	1,467	0,24	1,370
10,00	0,001	0,22	1,525	0,12	1,477

Співставимо наведені в табл. 1 та 2 дані розрахунків для випадку двох спектрометрів. Метрологічні характеристики МВПА_{Cs} та МВПА_{Sr} першого з них відповідають максимальним допустимим згідно МВВ, другого – характеристикам реального спектрометра. Для спрощення запису при аналізі даних опустимо далі у величинах активності розмірність Бк/дм³. Як видно з порівняння розрахованих даних, для V_п=5,0 дм³ значення ¹³⁷A_{Cs} та ⁹⁰A_{Sr} є тотожними. Величини ¹³⁷A_{Cs} і ⁹⁰A_{Sr} для спектрометра 2 є меншими та більшими за відповідні їм величини для спектрометра 1. При зменшенні об'єму до V_п=3,33 дм³ величина ¹³⁷A_{Cs} спектрометра 2 лише на 0,06 менша за визначену для спектрометра 1. Величини ¹³⁷A_{Cs}=0,66 та ⁹⁰A_{Sr}=1,260 відповідно менші та більші за розраховані 0,80 та 1,166. В той же час, величина ⁹⁰A_{Sr} збільшується з 0,24 до 0,36. При подальшому зменшенні об'єму V_п до 2,5 дм³ величини ¹³⁷A_{Cs} і ⁹⁰A_{Sr} спектрометра 2 перевищують, а ¹³⁷A_{Cs} і ⁹⁰A_{Sr} мають менші значення ніж відповідні їм значення для спектрометра 1. Це призводить до зменшення діапазону вимірюваних значень активності РН ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, які будуть задовольняти критерій радіаційної безпеки. Таким чином, із співставлення даних розрахунків, враховуючи очікування перевищення вмісту ¹³⁷Cs у воді природних джерел над РН ⁹⁰Sr, у випадку спектрометра 2 можна практично без втрат по чутливості та діапазону допустимих значень активності РН ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr зменшити початкові об'єми V_п з 5,0 дм³ до 3,33 дм³. Зменшення об'єму V_п до 2,5 дм³ не є доцільним. Його можна вважати прийнятним тільки тоді, коли МВПА_{Cs} та МВПА_{Sr} реального спектрометра будуть становити значення приблизно 100 та 40 Бк/дм³ відповідно.

Визначені на основі розрахунку та наведені в табл. 2 величини ¹³⁷A_{Cs} та ⁹⁰A_{Sr} можуть бути встановлені експериментально. Для цього, шляхом розведення, слід виготовити ряд модельних розчинів РН у воді та провести вимірювання їх питомої активності. В результатах вимірювання слід фіксувати як середні значення питомої активності РН A_{Cs} та A_{Sr}, так і похибку їх вимірювання – δ_{Cs} та δ_{Sr}. Всі зазначені величини входять до протоколу, який надається за результатами обрахунку спектрів програмним забезпеченням спектрометра. За результатами таких вимірювань слід визначити залежності A_{Cs} і A_{Sr} та δ_{Cs} і δ_{Sr} від відомої величини відносної концентрації С. На основі цієї залежності для заданої величини δ_{Cs} та δ_{Sr}, наприклад максимально допустимого значення δ_{Cs} = δ_{Sr} = 0,4, визначаються величини активності РН, які відповідають ¹³⁷A_{Cs} та ⁹⁰A_{Sr}.

В процесі вимірювання активностей обрахунок сумарного спектру РН згідно МВВ [11] здійснюється програмним забезпеченням спектрометра, в якому визначається питома активність як ⁹⁰Sr так і ⁹⁰Y. З фізичних причин, точність вимірювання активності ⁹⁰Y значно вища за точність вимірювання активності ⁹⁰Sr. Підтвердженням є наведена на рис.1А копія фрагменту протоколу, який одержано за результатами визначення питомої активності РН у воді.

Коэффициент озоления/множитель 3.00E-03 (Сырой вес 3.33E+00 Зола 1.00E-02)						
	Нуклид	Акт.	Бк/кг	Ки/кг	Вклад(%)	Отн.погр.(%,0.95)
1	SR_90		2.67E+00	7.22E-11	32.9	44.9
2	K_40		3.37E+00	9.11E-11	41.5	15.3
3	Y_90		2.07E+00	5.60E-11	25.5	14.0
Сумма 8.12E+00 2.19E-10 Интенсивность 4.7 имп/сек						
МИК(конц) (отн.погр= 40%, p=0.95) :						
1	SR_90		1.14E+00	3.07E-11		
2	Y_90		1.81E-01	4.88E-12		
3	K_40		2.42E-01	6.54E-12		
4	CS_137		4.28E-01	1.16E-11		

A

Коэффициент озоления/множитель 3.00E-03 (Сырой вес 3.33E+00 Зола 1.00E-02)						
	Нуклид	Акт.	Бк/кг	Ки/кг	Вклад(%)	Отн.погр.(%,0.95)
1	SR_90		2.12E+00	5.72E-11	37.0	14.4
2	K_40		3.28E+00	8.88E-11	57.4	16.6
3	CS_137		3.23E-01	8.72E-12	5.6	165.4
Сумма 5.72E+00 1.55E-10 Интенсивность 4.7 имп/сек						
МИК(конц) (отн.погр= 40%, p=0.95) :						
1	K_40		2.42E-01	6.54E-12		
2	SR_90		1.76E-01	4.75E-12		
3	CS_137		4.28E-01	1.16E-11		

B

Рис. 1. Фрагмент протоколу досліджень РН ^{90}Sr у воді при визначенні активності ^{90}Sr по активності РН ^{90}Y (А) та по сумі активності РН ^{90}Sr і ^{90}Y (Б).

Тому кінцевий результат вимірювання встановлюється за відомою формулою, яка відповідає зв'язку активності ^{90}Sr з вимірюваною активністю ^{90}Y , значенням сталої його розпаду, інтервалом часу від моменту підготовки лічильного зразка до початку вимірювання. Такий спосіб дозволяє визначити активність ^{90}Sr у відсутності радіоактивної рівноваги між ^{90}Sr та ^{90}Y та встановити дійсне значення питомої активності ^{90}Sr шляхом корекції результатів вимірювання активності ^{90}Y . Однак, при виграші в часі, такий спосіб аналізу зменшує точність визначення питомої активності РН ^{90}Sr . Із збільшенням інтервалу часу до досягнення стану рівноваги між РН точність вимірювання досягає максимального значення. Тому, при вимірюваннях питомої активності ^{90}Sr у воді, коли значення активності знаходяться поблизу межі чутливості спектрометра, перевагу доцільно надавати вимірюванням, які здійснюються за умови радіоактивної рівноваги РН ^{90}Sr та ^{90}Y .

При виконанні умови рівноваги для розрахунку активності ^{90}Sr можна використовувати програмне забезпечення, за яким його активність визначається за сумою спектрів ^{90}Sr та ^{90}Y . Такий спосіб реалізовано в ряді програмних продуктів для спектрометричних вимірювань. Його широко застосовують при спектрометричних дослідженнях вмісту РН ^{137}Cs та ^{90}Sr в харчових продуктах та пов'язаних з цим МВВ [15,16]. На рис. 1Б наведено результати визначення питомої активності ^{90}Sr за таким способом обрахунку спектрів. Протоколи, одержані як результат вимірювання активності лічильного зразка, який підготовлено з розчину солі ^{90}Sr в дистильованій воді об'ємом 3,33 дм³. Спектри випромінювання РН обраховувались за допомогою програмного забезпечення АК-1.

Порівняльний аналіз виміряних значень питомої активності РН, наведених на рис. 1, показує їх практичне співпадання у випадку А (коли активність РН ^{90}Sr дорівнює активності ^{90}Y) та Б. Аналогічний висновок можна зробити і з результатів вимірювання активності радіоактивного ^{40}K , наявність якого у воді служить кількісним маркером процесу адсорбції катіонів. Порівняння значень величин МВПА (МИК) з протоколів для різних РН також підтверджує тезу про тотожність результатів обрахунку спектру у випадку А і Б. Таким чином, при визначенні вмісту РН ^{137}Cs та ^{90}Sr у питній воді первинну хімічну підготовку води для одержання лічильного зразка необхідно здійснити за МВВ [11], а процес визначення їх активності та похибок вимірювання може бути здійснено за будь-якою атестованою програмою обрахунку спектрів. В той же час слід враховувати величину відносної похибки, з якою при атестації встановлено величини МВПА $_{\text{Cs}}$ та МВПА $_{\text{Sr}}$ спектрометра.

Наведений вище спосіб експериментального визначення значень нижньої межі вимірювань реалізовано на модельних розчинах РН ^{90}Sr у випадку реального спектрометра СЕБ-01-150. Вимірювання проводились після досягнення рівноваги між РН ^{90}Sr та ^{90}Y . Сіль радіоактивного ^{137}Cs в модельні розчини не вносились. Обробка спектрів здійснювалась програмним забезпеченням АКWin-6.0. На рис.2 подано результати виміряних середніх значень питомої активності A_{Sr} та відносних похибок її вимірювання δ_{Sr} при різних відносних концентраціях C в розчині РН ^{90}Sr .

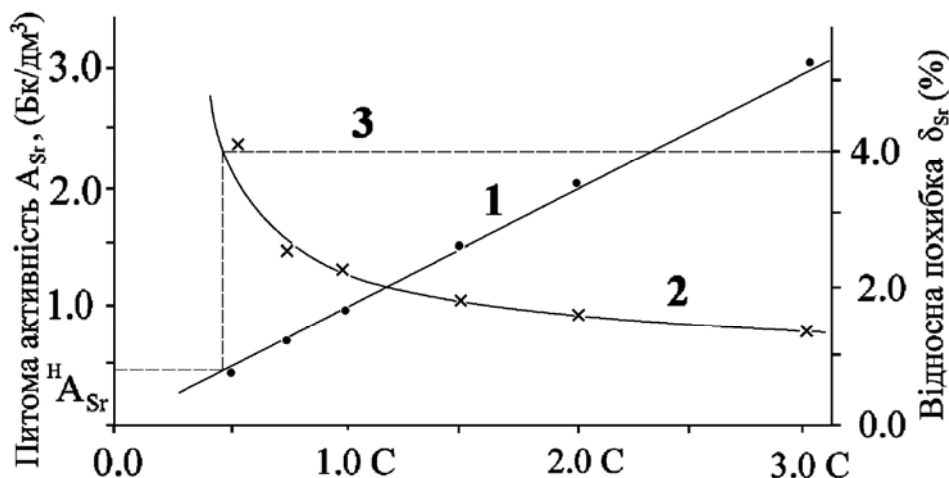


Рис.2. Залежність середніх значень питомої активності A_{Sr} (1) та відносної похибки δ_{Sr} (2) для різних відносних концентрацій C у воді РН ^{90}Sr .

Як видно з рис.2, спостерігається лінійна залежність величини середнього значення питомої активності A_{Sr} від величини концентрації C (пряма 1). З її зменшенням величина A_{Sr} також зменшується. В той же час, росте величина δ_{Sr} (крива 2). Достатньо різке її збільшення спостерігається при $C \leq 0,75$. Для величини $\delta_{\text{Sr}}=0,4$ значення C складає 0,45, що відповідає активності $^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ в 0,44 Бк/дм³ (крива 3). Зазначимо, що встановлення через значення C величини $^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ видаються більш точним ніж ті, які можна встановити з графічної побудови залежності $\delta_{\text{Sr}}=f(A_{\text{Sr}})$. В цьому випадку при визначенні $^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ використовується та одночасно перевіряється гіпотеза лінійності відгуку

бета-спектрометра на вхідну активність РН, що при невідомому функціональному зв'язку між δ_{Sr} та A_{Sr} забезпечує більш точний результат.

Таким чином, в порівнянні з розрахунковою величиною ${}^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ для $V_{\text{п}}=3,33 \text{ дм}^3$, значення якої наведено в табл.2, експериментально встановлена величина ${}^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ є більшою на $0,08 \text{ Бк/дм}^3$. Однією з імовірних причин розбіжності в результатах може бути неточність вимірювань малого об'єму на етапі розведення розчину солі ${}^{90}\text{Sr}$. Менш імовірним є вплив зовнішніх факторів на етапі вимірювання, коли їх дія призводить до коливань значень вимірюваної питомої активності. Одержаний результат по встановленню межі ${}^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ можна вважати задовільним, бо з урахуванням величини похибки вимірювання він відповідає встановленому методом розрахунку.

Використовуючи експериментальні дані про ${}^{\text{H}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{H}}A_{\text{Sr}}$ можна оцінити точність розрахунку значень ${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$. Використовуючи їх у формулах (2) або (3) замість величин ${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$, можна знайти величини ${}^{\text{B}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{B}}A_{\text{Sr}}$ для реального спектрометра. Таким чином, буде встановлено реальний діапазон питомих активностей РН ${}^{137}\text{Cs}$ та ${}^{90}\text{Sr}$, в межах якого буде виконуватись критерій радіаційної безпеки щодо наявності у питній воді ${}^{137}\text{Cs}$ та ${}^{90}\text{Sr}$.

Розглянемо показники радіаційної безпеки, встановлені на основі результатів вимірювання вмісту РН ${}^{137}\text{Cs}$ та ${}^{90}\text{Sr}$ у воді р. Прут, яка є джерелом господарського та питного водопостачання центральної частини м. Чернівці. Зразки проб води відібрані у зимовий період року. Концентрація основних катіонів у воді в мг/дм^3 становила: $\text{K}^+ = 3,5$; $\text{Na}^+ = 20,0$; $\text{Ca}^{2+} = 76,5$; $\text{Mg}^{2+} = 19,5$. Вага сухого залишку – 320 мг/дм^3 . Концентрація катіонів визначалася методом атомно-адсорбційної спектрометрії. Вимірювання активності РН ${}^{137}\text{Cs}$ та ${}^{90}\text{Sr}$ виконано вищевказаним спектрометром СЕБ-01-150 з програмою обрахунку AKWin 6.0, на лічильних зразках, які одержані при $V_{\text{п}}=2,0 \text{ дм}^3$, $V_{\text{п}}=2,5 \text{ дм}^3$, $V_{\text{п}}=3,33 \text{ дм}^3$ та $V_{\text{п}}=5,0 \text{ дм}^3$. Величини ${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$ встановлені за час вимірювання 7200 с. Результати вимірювань величин ${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$ та ${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$ перераховані на величину відносної похибки 40% за алгоритмом, наведеним в [17]. За отриманими результатами вимірювань розраховані величини показника відповідності В, похибки його вимірювання $\Delta\text{В}$ та показника придатності П [15]. Результати розрахунків зведено в табл.3.

Таблиця 3. Значення величин ${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$ і ${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$ в Бк/дм^3 та В, $\Delta\text{В}$ і П при різних об'ємах $V_{\text{п}}$ для води р. Прут

$V_{\text{п}}, \text{дм}^3$	${}^{\text{MB}}A_{\text{Cs}}$	${}^{\text{MB}}A_{\text{Sr}}$	В	$\Delta\text{В}$	П
2,00	0,860	0,423	0,770	0,210	0,896
2,50	0,688	0,337	0,615	0,166	0,714
3,33	0,516	0,254	0,462	0,127	0,538
5,00	0,344	0,169	0,308	0,0843	0,357

З табл.3 видно, що зменшення при дослідженнях об'єму $V_{\text{п}}$ призводить до збільшення показника придатності П води до споживання. Так, при зменшенні $V_{\text{п}}$ з $5,0 \text{ дм}^3$ до $3,33 \text{ дм}^3$ показник П збільшується з 0,357 до 0,538. Подальше зменшення об'єму $V_{\text{п}}$ до $2,5 \text{ дм}^3$ та $2,0 \text{ дм}^3$ збільшує значення П до 0,714 та 0,896 відповідно. Значення величини П відповідають зворотно-

пропорційній залежності від величини V_n . Також для всіх досліджених об'ємів V_n виконується критерій придатності води до споживання $P \leq 1$. Таким чином, при моніторингових дослідженнях води р. Прут в зимовий період на вміст РН ^{137}Cs та ^{90}Sr на спектрометрі типу СЕБ-01-XXX з метрологічними характеристиками $\text{МВПА}_{\text{Cs}}=110$ Бк/дм³ та $\text{МВПА}_{\text{Sr}}=60$ Бк/дм³ або меншими та з використанням методу адсорбції катіонів об'єм проби води для досліджень може становити від 2,0 дм³ до 5,0 дм³. Отже, експериментальні результати показали, що обґрунтований вище розрахунками об'єм $V_n=3,33$ дм³ є цілком прийнятним при дослідженнях як з позиції мінімальної достатності, так і з позиції забезпечення встановлених МВВ вимог до точності та достовірності одержуваних результатів. Подальше зменшення об'єму V_n виправдане лише за умови відсутності у воді природних РН ^{226}Ra та ^{232}Th , що в більшості випадків не спостерігається. Наявність у воді цих РН ускладнює процес визначення вмісту РН ^{137}Cs та ^{90}Sr [18], збільшує імовірність висновку про неможливість використання води в цілях питного водопостачання. В цьому разі слід застосовувати додаткові методи аналізу радіаційної якості води, зокрема гама-спектрометричні.

Висновки.

1. Запропонований в роботі комплексний підхід, який визначає взаємозв'язок експериментально виміряних спектрометричним методом питомих активностей РН ^{137}Cs і ^{90}Sr з метрологічними характеристиками спектрометра, показниками відповідності та придатності до використання критерію радіаційної безпеки питної води щодо наявності в ній вищезазначених РН, процедури підготовки лічильного зразка та особливостей обрахунку спектрів дозволяє оптимізувати систему моніторингових досліджень за радіаційною безпекою питної води джерел водопостачання.

2. Встановлена можливість оцінки реально достатнього об'єму проби води за одержаними в результаті метрологічної атестації характеристиками бета-спектрометра дозволяє розширити межі застосування методу адсорбції катіонів та МВВ на води з підвищеним вмістом мінеральних солей. При цьому показана можливість застосування різного атестованого програмного забезпечення для обрахунку спектрів та встановлення значень питомої активності РН ^{137}Cs та ^{90}Sr без втрати точності та достовірності вимірювань.

3. Наведені вище результати мають і практичне значення. Можливість зменшення початкового об'єму води для досліджень вмісту РН ^{137}Cs і ^{90}Sr особливо важлива при моніторингових дослідженнях якості питної води. Результати даної роботи можуть бути корисними для вирішення задач по дослідженню адсорбції наявних у воді катіонів РН новими сорбентами, при розробці нових МВВ різних РН. Вони також становлять інтерес при вивченні вмісту та міграції РН ^{137}Cs та ^{90}Sr у різноманітних об'єктах екосистем у випадках, коли прогнози очікуваних результатів вимірювання, необхідних характеристик спектрометричної апаратури та показників МВВ, є суттєво важливими для планування таких досліджень.

Список літератури

1. Охорона родючості ґрунтів. – 2011. – Вип. 7. – 137с.
2. Основы сельскохозяйственной радиологии / [Пристер Б. С., Лоцилов Н. А., Немец О. Ф., Поярков В. А.]. – К. : Урожай, 1991. – 472 с.
3. Кутлахмедов Ю. О. Основы радиоекологии: [навч. посіб.] / Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К. – К. : Вища школа, 2003. – 319с.
4. Гродзинський Д. М. Радиобіологія : підруч. / Д. М. Гродзинський. – К. : Либідь, 2001. – 448 с.
5. Перечень населённых пунктов, отнесённых к зонам радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы. Постановление КМ Украины №106 от 01.07.91г. и распоряжение КМ №17 от 12.01.93г.
6. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді: ГН 6.6.1.1-130-2006. – [Чинний від 2006–06–01].
7. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010–07–01].
8. Руководство по методам исследования качества вод. Т. 1. Гидрохимия. Радиология. Государственный комитет Украины по водному хозяйству. – К., 1998. – 202с.
9. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклоп. словарь / Г. С. Фомин – М. : Протектор, 2000. – 839 с.
10. Методические рекомендации по применению радиологических комплексов с программным обеспечением «Прогресс» для определения проб питьевой воды требованиям радиационной безопасности согласно СанПиН 2.1.4.559-96, СанПиН2ю3ю2ю560-96 и ГН 2.6.1.054-96 (НРБ-96).
11. Активність бета-випромінних радіонуклідів у лічильних зразках водних об'єктів. Методика виконання вимірювань з використанням бета-спектрометрів і програмного забезпечення АКWin. – К. : АКП, 2003. – 36 с.
12. Збірник нормативно-правових документів МОЗ України. – 2006. – №3 (25). – С. 149.
13. Все для измерения ионизирующего излучения. Каталог. – К. : АКП, 2004. – 100 с.
14. Охорона родючості ґрунтів. – 2006. – Вип.2. – 296 с.
15. Методичні вказівки «Відбір проб, первинна обробка та визначення вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs в харчових продуктах» // Санітарний лікар. – 2008. – №3. – С. 84–99.
16. Активність бета-випромінних радіонуклідів в лічильних зразках. Методика виконання вимірювань з використанням сцинтиляційних спектрометрів і програмного забезпечення АК-1. – К. : АтомКомплекс-Прилад, 1998. – 27 с.
17. Сінченко В. Г. Деякі метрологічні аспекти контролю за безпечним вмістом радіонуклідів в сільськогосподарській та харчовій продукції при прямих спектрометричних вимірюваннях її зразків / В.Г. Сінченко // Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. праць Подільського держ. аграрно-технічного ун-ту за матеріалами VI наук.-практ. конф., Кам.-Подільський, листопад 2011 р. – Кам.-Подільський : Каліграф, 2011. – С. 144-147.
18. Бета-спектрометрическое определение радионуклида ^{90}Sr в пробах воды в присутствии гамма-излучающих радионуклидов / [А. П. Красноперова, Г. Д. Юхно, В. И. Мартынова и др.] // Гігієна населених місць. – 2008. – Вип. 52. – С.269-274.

До питання визначення безпечності радіонуклідів Cs-137 та Sr-90 у питній воді природних джерел при моніторингових дослідженнях їх вмісту адсорбційно-спектрометричним методом

Сінченко В.Г., Омельченко Н.М.

Розглянуто задачу встановлення показника радіаційної безпеки при наявності радіонуклідів (РН) ^{137}Cs і ^{90}Sr у питній воді. На основі комплексного підходу досліджено взаємозв'язок між параметрами підготовки лічильного зразка, метрологічними характеристиками бета-спектрометра та критерієм радіаційної безпеки. Визначено межі діапазону варіації питомої активності РН для різних значень досліджуваного об'єму води при умові виконання критерію безпеки. Показана можливість зменшення встановленого методикою виконання вимірювань об'єму проби води за результатами метрологічної атестації бета-спектрометра. Наведено експериментальні дані по встановленню точності вимірювань, визначенню нижньої межі вимірювань питомої

активності РН ^{90}Sr для фіксованого об'єму питної води. Показана відповідність між даними експерименту та результатами розрахунків.

Ключові слова: питна вода; радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr ; спектрометрія; показники радіаційної безпеки; моніторинг.

К вопросу определения безопасности радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в питьевой воде природных источников при мониторинговых исследованиях их содержания адсорбционно-спектрометрическим методом

Синченко В.Г., Омельченко Н.Н.

Рассмотрена задача определения показателя радиационной безопасности при наличии радионуклидов (РН) ^{137}Cs и ^{90}Sr в питьевой воде. На основе комплексного подхода исследована взаимосвязь между параметрами подготовки счетного образца, метрологическими характеристиками бета-спектрометра, и критерием радиационной безопасности. Определены пределы диапазона вариации удельной активности РН для разных значений исследуемого объема воды при условии выполнения критерия безопасности. Показанная возможность уменьшения установленного методикой выполнения измерений объема пробы воды по результатам метрологической аттестации бета-спектрометра. Приведены экспериментальные данные по установлению точности измерений, определению нижнего предела измерений удельной активности РН ^{90}Sr , для фиксированного объема питьевой воды. Показано соответствие между данными эксперимента и результатами расчетов.

Ключевые слова: питьевая вода; радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr ; спектрометрия; показатели радиационной безопасности; мониторинг.

To the question to determination radionuclide's safety Cs-137 and Sr-90 in drinking-water of natural sources at monitoring researches of their content by of the adsorption-spectrometry method

Sinchenko V.G., Omelchenko N.N.

Establishment index of radiation safety is considered at presence of radionuclids (RN) ^{137}Cs and ^{90}Sr in drinking-water. Investigated communication between standard source parameters, metrology data of beta-spectrometr and radiation safety criteria. The limits of range of variation of specific activity of RN are certain for the different values of the probed volume of water subject to condition implementation of criterion of safety. The rotined possibility of diminishing of the implementation of measurings of volume of test of water set a method is as a result of metrology attestation of beta-spektrometra. Experimental information is resulted on establishment of exactness of measurings, determination of lower limit of measurings specific activity of RN ^{90}Sr , for the fixed volume of drinking-water. Accordance of information of experiment and results of calculations is routined.

Key words: drinking water, radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; spectrometry; indices of radiation safety, monitoring.

Надійшла до редколегії 16.11.2011

Гопченко Є.Д.¹, Явкін В.Г.²

¹ Одеський державний екологічний університет,

² Чернівецький національний університет

ЛАНДШАФТНО-ГІДРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БАСЕЙНОВИХ ТА РУСЛОВИХ СИСТЕМ ПАВОДКОУТВОРЕННЯ

Ключові слова: *стік, гідрологічний ландшафт, трансформація, дощовий паводок*

Актуальність питання. В основі синтезу уявлень про систему формування паводка закладено такі підсистеми: зовнішнього обмеження (нижня межа системи); камера трансформації (перший оператор), – ґрунти та рослинний покрив; процеси ерозії на схилі та в руслі, руслові деформації при паводкових витратах відповідної забезпеченості; антропогенний тиск на водозбір і русло.

Використовуються методи пошуку й аналізу генеральних і фрагментарних залежностей, аналогії та порівняння окремих регіональних складових. Основним методом дослідження є ранжування факторів паводкоутворення. Він реалізується поряд зі стохастичними оцінками окремих чинників стокоформування.

Підготовка надійних і об'єктивних методів розрахунку та прогнозу стоку потребує використання великої кількості експериментальних досліджень інфільтраційного, дифузійного, фільтраційного процесів у відповідних специфічних проявах ґрунтової, рослинної чи господарської особливостях формування стоку. Вони створюють суттєву нелінійність трансформації об'ємів стікаючої по схилу води в схилову витрату. Проте, елементарна інтерполяція між експериментальними вимірами не дозволяє достатньо точно визначити середнє значення предикторів моделі, і похибка, що виникає, приховується деякий час в оптимізованому параметрі.

Аналіз попередніх досліджень. Концептуально фізико-математична модель формування паводку визначає відповідні поверхневі чи ґрунтові параметри стоку чисельною повторюваністю оберненої задачі і, з цієї точки зору, може розглядатися як метод ітерації. Виконується важливе завдання моделі – пояснення процесу формування паводку. На жаль, параметри багатьох видів моделі, що підібрані розв'язком зворотної задачі та позитивно діють під час розрахунку гідрографа тільки в басейні, для якого оптимізувалися сталі і, можливо, зміна характеристик дощу змінює і саму величину прийнятого коефіцієнта. Останнє особливо помітне при моделюванні гідрографу паводку в басейнах із суттєвим господарським навантаженням чи специфічним мозаїчним розподілом потенційно-стокоформуючих ділянок [10–12].

Загалом фізико-математичне моделювання стоку дощових паводків досить широко представлено складовими моделями із зосередженими параметрами, що описують трансформацію паводкових вод на схилі лінійною функцією.

Предиктори цієї моделі безперервно змінюються в часі і просторі. Серед інших моделей ТОРКАРІ (TOPographic Kinematic Aproximation and Integration) та її програмна реалізація ТОРКАРІ-ІПММС. Базуючись на головній вхідній ГІС-інформації моделі – цифровій карті висот (DEM, Digital Elevation Model), водозбір розглядається як сукупність квадратних елементів (комірок), що утворюють розрахункову сітку моделі.

Такий підхід властивий всім моделям формування стоку, де параметри є розподіленими. Аналогічні : Стенфордська (США), Танкова (Японія) та інші моделі [1, 5]. Розроблена в УкрНДГМІ версія моделі ГМЦ досить успішно адаптує ландшафтні характеристики гірських районів при оцінці предикторів та параметрів моделі [6,7].

Особливо низькою при використанні детермінованих моделей є якість визначення максимальної витрати гідрографа паводку. Інакше кажучи, часова тенденція гідрографа ще зберігає аналог натури, проте розрахункову максимальну витрату паводку (що є найважливішою задачею інженерної гідрології) за допомогою детермінованих моделей (чи зосередженими, чи з розподіленими параметрами) вирішити неможливо.

При розрахунку максимального стоку з використанням нормативів СНиП 2.01.14-83 чи з використанням нового стандарту СП-33-101-2003 проявляється суттєва невідповідність величин предиктантів, розрахованих за заданою методикою для паводків чи повеней із матеріалами реальних спостережень. Особливо у випадках, коли параметри підстильної поверхні суттєво мозаїчні чи просто відмінні від так званих типізованих у конкретному регіоні. В останньому вже відсутній комплекс картографічних додатків, що практично унеможливорює врахування регіональної специфіки процесу формування паводку. Для більшості регіонів України спеціалістами ОДЕКУ системою динаміко-стохастичної двооператорної моделі підготовлено уніфіковану структурно-розрахункову базу для нормування характеристик максимального стоку паводків і водопіль [2–4].

Викладення основного матеріалу. Аналіз і узагальнення всієї історії розвитку розрахунку максимального паводкового стоку, в т.ч. в Україні, дозволяє стверджувати про необхідність розробки та введення в Україні нових нормативних напрямів на базі двооператорної моделі ОДЕКУ, яка відрізняється достатнім універсалізмом, зберігає в ланцюговій послідовності генетичні етапи формування максимуму та, головне, оперує напрацьованим у межах України необхідним номограмним і картографічним матеріалом.

Маловивченою ланкою системи опади - схил водозбору - русло вважається ґрунтовий шар басейнів, усередині якого і відбуваються найбільш важливі процеси, що формують втрати схилового стоку і схиловий гідрограф. Дискретні вимірювання вологості ґрунту в часі змушують вдаватися до розрахункових методів визначення продуктивної вологості, а нестача

інформації про просторове поле вологості вдається усувати за допомогою виділення меж стокоформуєчих комплексів, усередині яких вертикальні профілі агрогідрологічних констант можна приймати за квазіоднорідні.

Існує залежність коефіцієнта фільтрації від інших фізико-механічних властивостей ґрунту.

Але й останні уявлення досить схематичні. Насправді процес виникнення схилового притоку тільки відкритого схилу охоплює, на першій стадії утворення, в більш зволоженій перед дощем прирусловій частині водозбору підповерхневе, а в деякі короткі інтервали часу і поверхневе стікання, формування надлишкового зволоження мікроповерхонь від'ємних форм рельєфу, заповнення дефіциту ґрунтової вологи випуклих поверхонь схилу і виникнення горизонтальної складової внутрішньогрунтового стоку до насичення ґрунту [9].

Можна припустити [13] наявність деякої горизонтальної складової фільтрації води у ґрунт на схилі, пропорційній нахилу поверхні (I) і пористості ґрунту W_n (пересічному гідравлічному радіусу горизонтального внутрішньогрунтового потоку) (1) :

$$V = f(U, W_n, I). \quad (1)$$

Тут U - вбирання, V - швидкість.

У цьому випадку прируслові ділянки схилу досягають стану насичення значно раніше, ніж усувається дефіцит вологості ґрунту всього схилу і надходження води в русло починається майже одночасно з появою дощу (рис.1).

Вологоперенос у ґрунті можна записати при деяких допущеннях рівняннями Нав'є-Стокса для руху рідини в пористому середовищі:

$$\frac{dU_x}{dt} = \frac{\phi \partial P}{\rho \partial X} - g \phi \frac{\partial h}{\partial x} + V \nabla^2 U_x, \quad (2)$$

$$\frac{dU_y}{dt} = \frac{\phi \partial P}{\rho \partial y} - g \phi \frac{\partial h}{\partial y} + V \nabla^2 U_y, \quad (3)$$

$$\frac{dU_z}{dZ} = \frac{\phi \partial P}{\rho \partial Z} - \frac{g \phi}{1} + V \nabla^2 U_z, \quad (4)$$

де U_x, U_y, U_z - швидкість руху води в ґрунті вздовж осей X, Y, Z ; ϕ - пористість (співвідношення об'єму пор до загального об'єму ґрунту); ρ - густина рідини, P - тиск ґрунтової вологи; g - прискорення сили тяжіння; h - висота верхньої межі рідини; V - кінематичний коефіцієнт в'язкості; ∇ - оператор Лапласа.

Після ряду допущень з використанням рівняння стану і рівняння нерозривності отримуємо розв'язок (закон Дарсі) [8]:

$$U_x = -k_x \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad (5)$$

$$U_y = -k_y \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad (6)$$

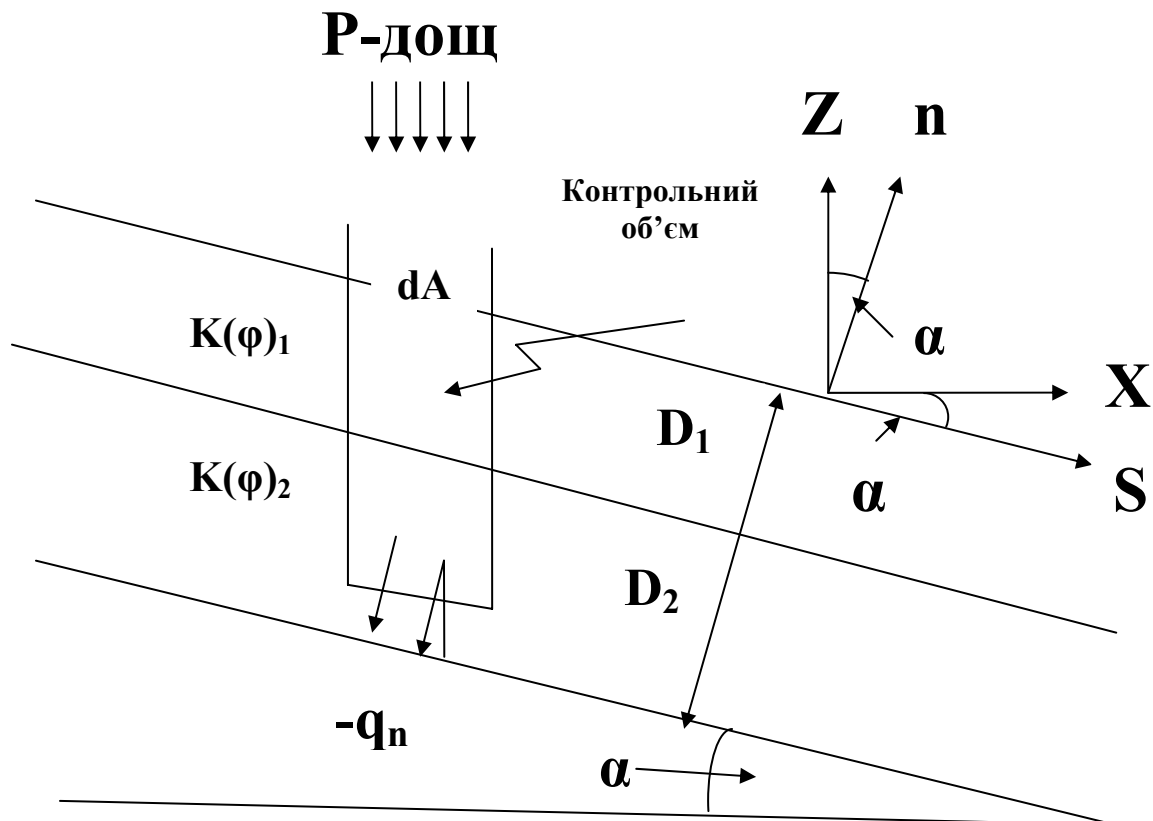
де k_x, k_y - коефіцієнти пропорційності;

$$\varphi = Z + \frac{P}{\rho g} = Z + \frac{P}{\lambda}. \quad (7)$$

За своїм значенням λ близьке до п'єзометричного тиску. Під час насичення середовища його величина дорівнює гідравлічному тиску у виразі (7). Використання виразів (5) і (6) обмежено через складність визначення потенціалу, а вираз (7) досить широко застосовується для оцінки вертикального переміщення води.

Рівняння (7) - закон Дарсі – вводиться, як правило, в модель вбирання води в ґрунт при моделюванні із розподіленими чи зосередженими параметрами.

Використані в (5–7) коефіцієнти та гідравлічна провідність взаємозв'язані між собою. З урахуванням похилу схилу мікродозбору в кожній точці поверхні можна розкласти вектор потенціалу ґрунтової води, припускаючи, що водно-фізичні властивості ґрунту виміряні по осі n – перпендикулярній напрямку схилу (рис. 1).



X, Z, n – осі координат, P – дощ, α – нахил схилу, $K(\phi)$ – фільтрація в шари ґрунту, D – товщина шару ґрунту, S – напрям схилу, q_n – підземний відтік

Рис.1. Ґрунтова колонка у формуванні стоку на схилі

Якщо паралельним напрямку схилу вважати вектор S , а властивості ґрунту змінюються в напрямку n , то можна припустити, що $\frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0$ і $\frac{\partial k}{\partial s} = 0$, а тоді із закону Дарсі отримати:

$$q_s = k \sin \alpha, \quad (8)$$

$$q_n = k \left(\frac{\partial \varphi}{\partial n} + \cos \alpha \right), \quad (9)$$

де вісь Z , як і вісь n спрямовані вгору; $k(n, \varphi)$ дорівнює гідравлічній провідності; φ - гідростатичний тиск; $(q_s), (q_n)$ - питомі потоки вздовж напрямків S і n ; α - нахил поверхні.

З урахуванням напрямків X і Y потоки гідравлічної провідності і потенціалу ґрунтової вологи дорівнюють:

$$q_x = -k \frac{\partial \varphi}{\partial n} \sin \alpha_x, \quad (10)$$

$$q_y = -k \frac{\partial \varphi}{\partial n} \sin \alpha_y, \quad (11)$$

$$q_z = -k \left[\frac{\partial \varphi}{\partial n} (\cos \alpha + 1) \right], \quad (12)$$

де q_x, q_y, q_z - питомі потоки вздовж осей X, Y, Z .

З вертикального потенціалу ґрунтової вологи, тобто за допомогою характеристики $\frac{\partial \varphi}{\partial Z}$ ці потоки визначаються як:

$$q_x = -k \frac{\partial \varphi}{\partial Z} \operatorname{tg} \alpha_x, \quad (13)$$

$$q_y = -k \frac{\partial \varphi}{\partial Z} \operatorname{tg} \alpha_y, \quad (14)$$

де вісь Z спрямована вгору. Для сталого руху з урахуванням опадів і питомого потоку по осі Z для потоків по осях X і Y рівняння (13) і (14) можна перетворити:

$$q_x = (q_z + k) \operatorname{tg} \alpha_x = (k - P) \cos^2 \alpha_x \operatorname{tg} \alpha_x, \quad (15)$$

$$q_y = (q_z + k) \operatorname{tg} \alpha_y = (k - P) \cos^2 \alpha_y \operatorname{tg} \alpha_y, \quad (16)$$

де P - інтенсивність опадів на горизонтальну поверхню. При нахиленому положенні шарів ґрунту сила гравітації спрямована до основних координатних осей n і S під кутом α , а компонент стоку, паралельний напрямку дощу, співвідноситься величиною $\operatorname{tg} \alpha$. Пересічна складова горизонтального стоку при сталому режимі співвідноситься з дощем

величиною $\left(\frac{k_x}{P}-1\right)\cos^2\alpha$, а з складовою вертикального стоку $\left(-\frac{k_x}{q_z}-1\right)$.

Горизонтальний потік призводить до концентрації вологи в увігнутих зниженнях (від'ємних формах рельєфу), що створює перезволоження, наприклад, прируслової частини схилів.

Анізотропію ґрунту можна оцінити кривими водно-фізичних властивостей ґрунтів і зв'язком цих характеристик з потенціалом ґрунтової вологи і гідравлічною провідністю $\frac{\partial\varphi}{\partial z}, k(\varphi)$.

Особливо складне завдання в гідрології - визначення питомої провідності в ненасиченому потоці, - з певними обмеженнями виконується за допомогою викладених вище виразів.

Висновки. Стікання води по схилу залежить від довжини і крутизни схилів і шорсткості поверхні. Практично повсюди схиловий стік здійснюється підповерхневим, тобто внутрішньогрунтовим шляхом і шорсткість схилу визначається механічними і водно-фізичними властивостями ґрунтів.

Нижньою межею умови водності в руслі, - межею потенційного паводкового гідрографа (в першу чергу нуля гілки підйому паводка), є меження передпаводкова витрата. Просторові узагальнення останньої зручно будувати нормативними величинами межені: модулями мінімальної витрати 80% або 95% забезпеченості.

Уся система паводкоутворення в басейні тоді замикається чинниками схилового гідрографа (насамперед нахилом і розчленуванням поверхні), вологопереносом у ґрунті та певним нормованим мінімальним стоком (рухлива волога у ґрунті дорівнює «0»).

Власне задача вибору об'єктивної математичної моделі формування стоку сьогодні, на наш погляд, більш оптимально сформульована та розв'язана у побудові співвідношень водно-теплобалансових рівнянь за короткі інтервали часу, адаптації певних концептуальних, як, власне, і фізико-математичних моделей річкового стоку до відповідних регіональних природно-господарських умов.

Пошуки ж удосконалення відомих нормативів із короткострокового прогнозу, загальний розвиток гідрології річок переконують у необхідності кількісної інтерпретації ландшафтних характеристик – параметрів моделі формування стоку.

Узагальнення кількісних ознак окремих складових басейну та русла має виконати гідрологія ландшафтів – розділ гідрології, який займається дослідженням закономірностей географічного розподілу характеристик, що визначають гідрологічний режим території, тобто параметрів моделей формування стоку.

Система ландшафтно-ї гідрології формується мінімально трьома провідними галузевими підсистемами: басейн, русло, режим стоку. В межах першої ранговими одиницями вищого рівня є типи поверхонь, – аналог ландшафтних зон у гірській вертикальній ярусності або ж, можливо, фізико-

географічних провінцій рівнини. Наступні – ступінь господарської засвоєності; ще нижче – розрахункова модельна ділянка; нарешті, найнижчим стає розрахунковий пункт.

Провідною трансформаційною камерою всього процесу формування стоку є діяльний шар ґрунту. Значущість цього показника очевидна в усіх підсистемах; охоплює більшу частину блоків математичних моделей.

У межах тільки окремої ґрунтової колонки виникають ще, як мінімум, три вертикальні підсистемні рівні: приповерхневий шар (на глибині вузла кушіння); “діяльний” шар; відносний водоутримуючий шар (зона переходу до підземних вод). Провідними трансформаційними чинниками є структура ґрунту та його гранулометричний і генетичний характер ґрунту.

У якості параметрів ґрунту прямо проявляються агрогідрологічні константи (вологість в’янення; найменша та повна польова вологомісткість), а також коефіцієнт фільтрації ґрунтової колонки, фільтрація води у відносний водоутрим). Опосередковано властивості ґрунту разом з кліматичними умовами передаються параметрами статистичних розподілів (дисперсія, асиметрія, коефіцієнти рівняння регресії між вологою окремих шарів ґрунту). Матриця комбінації цих параметрів і є числовою ознакою відповідного виду ґрунту.

Найвищий ранг руслової складової ландшафтно-гідрологічної системи – ділянка потоку з однотипним русловим процесом (гідроморфологічна ознака). Супутником руслового типу є провідні гідравлічні ознаки ділянки русла. Наступна структурна одиниця – руслова гряда; а елементарна – гранулометричний зміст донних відкладів.

Задача розвитку нормативної бази розрахунків паводків серед інших вимагає і процедури створення методичних основ ландшафтно-гідрологічного аналізу процесів паводкоутворення, визначення впливу техногенних навантажень на басейнові та руслові підсистеми формування та трансформації паводків:

- розробки систем географічних ознак процесу паводкоутворення;
- виконання ландшафтно-гідрологічного картування основних фізико-географічних чинників усіх компонентів балансу паводка на водозборі;
- розробки й узгодження з природними особливостями регіону комплексу критеріїв процесу вологопереносу в ґрунті (фільтрації та випаровування);
- на основі аналізу багатолітніх процесів господарювання виявлення ступеня впливу рівнів басейнової перетвореності на основні параметри гідрографа;
- визначення реальних розмірів схилу, як одного з провідних вхідних елементів у моделі доруслового паводкоутворення;
- оцінку вертикальної ерозії в руслі;
- систематизацію прояву паводкових витрат руслоформування.

Список літератури

1. Бойко О. В. Впровадження розподіленої моделі опади-стік для прогнозування стоку річок Закарпаття і басейну і басейну Прип'яті / О. В. Бойко, М. Й. Железняк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : мат. 5-ої Всеукр. наук. конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011 р.). – Чернівці, 2011. – С. 18-19. 2. Гопченко Є. Д. Проблеми підготовки нормативних документів по розрахунках максимального стоку річок України / Гопченко Є. Д., Романчук М. Є., Овчарук В. А. // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : мат. 5-ої Всеукр. наук. конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011 р.). – Чернівці, 2011.- С. 40-41. 3. Гопченко Е. Д. Некоторые проблемные вопросы расчёта максимального паводочного стока / Е. Д. Гопченко // ДАН СССР. – 1988. – Т. 302, №4. – С. 955-957. 4. Гопченко Є. Д. До побудовання нової нормативної бази в галузі максимального стоку на річках України / Е. Д. Гопченко, М. Є. Романчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 219-225. 5. Кучмент Л. С. Формирование речного стока / Кучмент Л. С., Демидов В. Н., Мотовилов О. Г. – М. : Наука, 1983. – 216 с. 6. Лук'янець О. І. Ландшафтні характеристики як основа оцінювання параметрів математичних моделей формування стоку води / О. І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Вип. 5. – С. 78-84. 7. Соседко М. Н. Применение математической модели формирования дождевого стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах / М. Н. Соседко, О. И. Лукьянец // Труды УкрНИГМИ. – 1993. – Вип. 245. – С. 29-39. 8. Явкин В. Г. Расчет потерь паводочного стока при недостаточной гидрометеорологической информации / В. Г. Явкин, А. Ф. Гордиенко // Метеорология, климатология и гидрология. – 1986. – Вип. 22. – С. 76-79. 9. Явкин В. Г. Детерминированная модель дождевых паводков в горах / В. Г. Явкин // Мат. V Всесоюзн. Гидрологич. съезда. Т.6. "Теория и методология гидрологических расчетов". – Л. : Гирометеоиздат, 1989. – С. 289-293. 10. Явкін В. Г. Вплив антропогенної перетвореності басейнів подільських приток Дністра на криву спаду паводку / В. Г. Явкін, А. А. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 2 (19). – С. 65-73. 11. The use of the linear reservoir concept to quantify the impact of changes in land use on the hydrology of catchments in the Andes / [W. Buytaert, B. De Bievre, G. Wyseure and J. Deckers] // Hydrology and Earth System Sciences. – 2004. – 8(1). – P. 108-114. 12. Inoue H. Physical properties of water flow in a clayey argacultural field including shrinkage cracks / Inoue H., Nogyo K., Kenryu H. // Bull. Nat.Res. Inst. Agr. Eng. – 1992. – No.31. – P. 77-96, 100-119. 13. Zaslavsky D. Surface hydrology : II Distribution of raindrops / Zaslavsky D., Sinai G. // J. Hydraulics Divis. – 1981. – No. 107. – P. 37-52.

Ландшафтно-гідрологічні основи басейнових та руслових систем паводкоутворення

Гопченко Є., Явкін В.

В основі синтезу ідей про формування басейнових та руслових систем паводкоутворення закладено певні підсистеми. Їх складові визначають властивості гідрологічних ландшафтів. Останні є провідним інструментом детермінованих моделей із зосередженими чи розподіленими параметрами.

Ключові слова: стік, гідрологічний ландшафт, трансформація, дощовий паводок.

Ландшафтно-гидрологические основы бассейновых и русловых систем паводкообразования

Гопченко Е., Явкин В.

В основе синтеза идей о формировании бассейновых и русловых систем паводкообразования заложены определенные подсистемы. Их составляющие определяют свойства гидрологических ландшафтов. Последние являются ведущим инструментом детерминированных моделей с сосредоточенными или распределенными параметрами.

Ключевые слова: сток, гидрологичный ландшафт, трансформация, дождевой паводок.

Basis river basin landscape-hydrological of flash flood genesis systems

Gopchenko E., Yavkin V.

In basis of the synthesis of ideas about the formation of the flood, laid a set of specific subsystems. Form a significant part the components of hydrological landscape. They determine the spatial distribution parameters of the flood.

Key words: *flood, hydrological landscape, transformation, rain flow.*

Надійшла до редколегії 16.11.2011

УДК 556.16

Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА ВОДНОСТІ РІЧОК БАСЕЙНУ ВЕРХНЬОЇ ПРИП'ЯТІ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Ключові слова: зміни клімату, водно-тепловий баланс, водний режим

Вступ. Зміни складових водно-теплогового балансу, що відбулися впродовж останніх десятиріч на території України, викликали певні зміни водного режиму річок. Зазначені кліматичні зміни в межах території, що розглядається, проявилися у зростанні за останні 20 років (1990-2010 рр.) середньорічної температури повітря на величину близько 1,0 С° відносно кліматичної норми. Найбільший внесок у зміну річної температури внесли зимовий та весняний сезони, їх середня температура зросла, відповідно, на 1,6 С° та 1,3 С°. Найменша величина сезонного приросту температури впродовж року зафіксована в осінній період – всього 0,1 С°.

При несуттєвих змінах річних сум опадів впродовж 1990-2010 рр. (різниця з попереднім періодом становить всього 4%) відбувся перерозподіл їх сезонних та місячних значень. Кількість опадів зросла в усі сезони (крім зимового), але найбільш суттєво – у перехідні – навесні та восени (відповідно, на 12 та 8%). Суми опадів літнього сезону змінилися несуттєво. Зимовий сезон характеризується певним зменшенням кількості опадів, особливо значним впродовж грудня-січня місяців (на 15-18%) [9].

Вказані зміни є однією з причин зменшення величини волого запасів впродовж зимового сезону та, відповідно, зменшення об'єму весняного водопілля на річках регіону в останні десятиріччя.

Аналіз попередніх досліджень. Перші узагальнення стосовно змін максимального стоку річок басейну Прип'яті, що відбулися через зміни кліматичних характеристик, надано у роботі В.О.Войцехович та Л.І.Лузан [5], опублікованій в 1999 році. Причини сучасних змін характеристик стоку річок України, зокрема і даного басейну, розглянуто у статті В.І.Вишневського [4]. На початку поточного сторіччя дослідження стосовно змін характеристик водного режиму річок басейну Прип'яті виконувалися в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на кафедрі гідрології та гідроекології та знайшли своє відображення у кількох статтях [7,8] та колективній монографії [10].

Впродовж останніх років значний обсяг досліджень сучасних змін характеристик весняного водопілля річок басейну проведено Є.В.Василенко [1-3]. Слід відмітити дослідження вчених Одеського державного екологічного університету стосовно впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Прип'ять [6]. Дослідження, результати яких знайшли відображення у даній статті, виконано в рамках міжнародного проекту «Integrating Climate Change into Vulnerable Ecosystems Management: natural parks in wetlands and forest areas (Ukraine)».

Виклад основного матеріалу. Для аналізу сучасних змін гідрологічного режиму річок басейну Верхньої Прип'яті, що відбуваються під впливом зазначених вище кліматичних змін, проаналізовано дані з гідрологічних постів, розташованих в даному районі. Початок періоду безперервних спостережень на річках регіону відноситься до 1945-1946 рр., коли на більшості постів розпочато спостереження за рівнями води (табл. 1). Розгортання масштабних осушувальних робіт в даному регіоні на початку 60-х років минулого сторіччя викликало необхідність вивчення стокових характеристик річок. Якщо до цього витрати води вимірювалися лише по р.Турії у зв'язку із необхідністю водозабезпечення відносно крупного промислового центру – м. Ковель, то починаючи із 1960-х років витрати води почали вимірювати і на інших постах.

Таблиця 1. Відомості про діючі гідрологічні пости в районі досліджень (на 01.01.11 р.)

Річка	Пост	Площа водо збору, км ²	Період (роки) безперервних спостережень за:			
			рівнями води	витратами води	температурою води	льодовими явищами
Прип'ять	Річиця	2210	1946-2010	1962-2010	1950-2010	1950-2010
Прип'ять	Люб'язь	6100	1946-2010	1963-2010	1950-2010	1950-2010
Турія	Ковель	1480	1946-2010	1945-2010	1950-2010	1950-2010
Стохід	Любешів	2970	1946-2010	1961-2010	1950-2010	1950-2010

Для досліджень закономірностей змін внутрішньорічного розподілу стоку вказаних річок перш за все потрібно розглянути джерела їх живлення та сучасні зміни останніх. Найпоширенішим прийомом гідрологічного визначення видів живлення є поділ гідрографа стоку на частини, що характеризують поверхневий та підземний стік. Отже, поділ гідрографа полягає у виділенні на ньому підземної складової, динаміка якої визначається ступенем гідравлічного зв'язку руслових та підземних вод.

Враховуючи, що живлення річок здійснюється, головним чином, за рахунок підземних вод зони інтенсивного водообміну (значну частину яких становлять внутрішньогрунтові води, а також ґрунтові води першого водоносного горизонту, пов'язані з денною поверхнею), уявляється

доцільним цю частину підземного живлення річок виділити як верхній "підґрунтовий" стік. Іншу частину підземних вод зони інтенсивного водообміну становлять ґрунтові води, що дреноються річкою разом з частиною напірних вод. Ця частина підземного стоку, що виділяється на гідрографах горизонтальними або близькими до них лініями, складає глибокий (постійний) "підземний" стік. Він має найбільш важливе значення з точки зору оцінки постійних запасів підземних вод.

Використовуючи дані про щоденні витрати води по чотирьох обраних гідропостах, побудовано осереднені гідрографи стоку по кожному з постів за два характерні періоди: до 1990 р. та за період 1990-2010 рр. Приклади таких гідрографів для гідрологічних постів р.Прип'ять – с.Річиця та р.Стохід – смт Любешів наведено на рис.1 та 2.

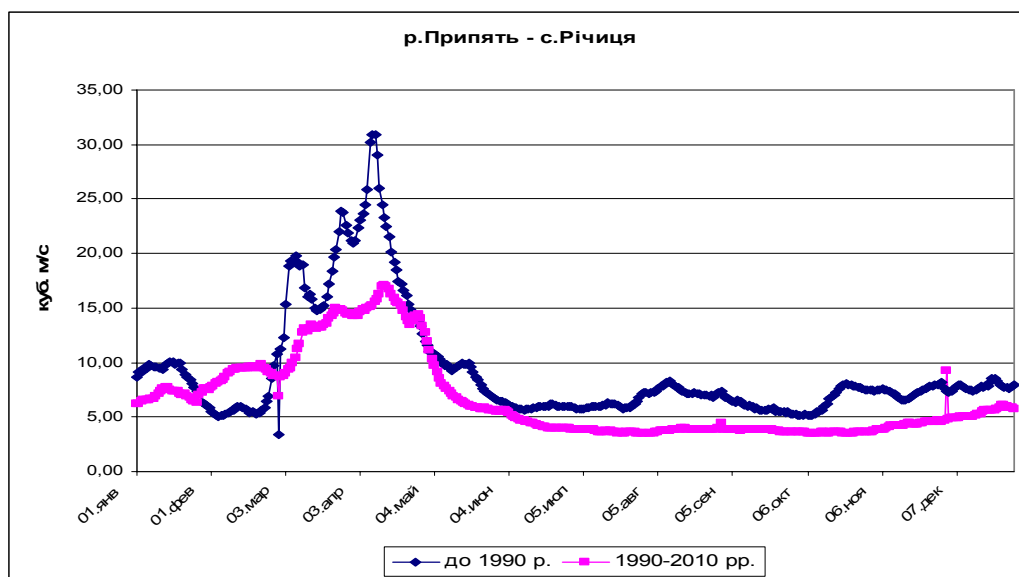


Рис. 1 Осереднені гідрографи стоку по г/п р.Прип'ять – с.Річиця за два характерні періоди

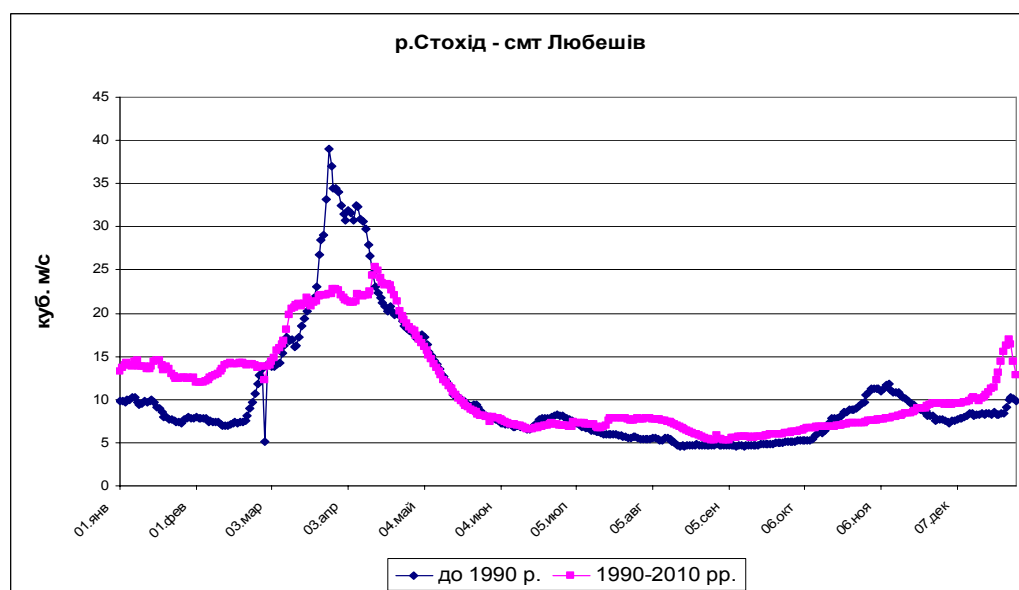


Рис. 2. Осереднені гідрографи стоку по г/п р.Стохід – смт Любешів за два характерні періоди

Отримані результати щодо частки окремого виду живлення для кожного з двох характерних періодів було узагальнено у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2. Частка окремих видів живлення (%) для річок басейну

Період	Види живлення			
	Снігове	Дощове	Підґрунтове	Постійне підземне
до 1990 р.	46,4	15,8	25,9	11,9
1990-2010 рр.	27,9	19,1	31,5	21,5

На рис. 3 представлено графічне зображення змін, що відбулися у живленні річок зазначеного регіону впродовж останніх двох десятиріч.

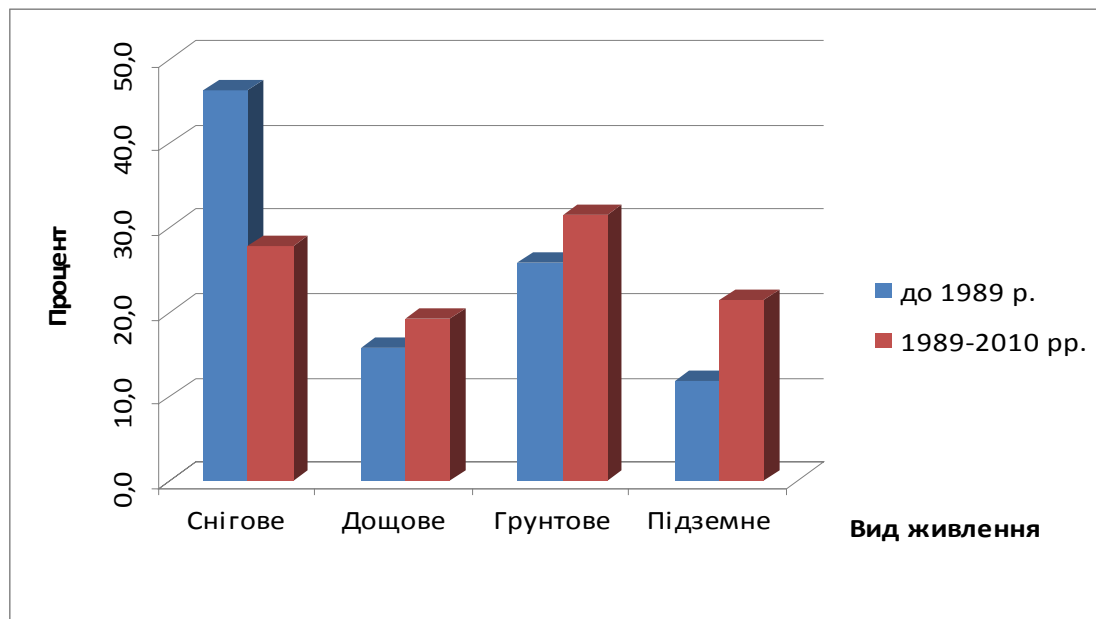


Рис. 3. Зміни окремих видів живлення (%) річок Верхньої Прип'яті за два характерні періоди

Аналіз таблиці свідчить, що річки регіону мають мішане живлення за участю снігових, дощових та підземних вод. Від переважання тих чи інших видів живлення та їх змін впродовж року залежать внутрішньорічні коливання стоку. Під час першого розрахункового періоду (до 1990 р.) річки басейну характеризувалися мішаним живленням з переважанням снігового, частка якого становила майже 47%. Через зміни кліматичних характеристик, наведені вище, частка снігового живлення суттєво зменшилася і наразі становить лише 28%. Значною для даного регіону є частка підземного живлення, що пояснюється близьким до поверхні розташуванням горизонтів підземних вод. Зміни складових водно-теплогового балансу, що відбулися впродовж останніх десятиріч, призвели до зростання цієї складової живлення річок регіону і зараз вона досягає 53%. При цьому майже вдвічі зросла частка постійного підземного живлення. Зміни дощової складової у живленні річок даного регіону є несуттєвими.

Аналіз багаторічних коливань стоку річок басейну Верхньої Прип'яті свідчить про те, що впродовж останніх років спостерігається зростання водності річок регіону. Головною причиною зростання водності є збільшення

кількості атмосферних опадів. За даними окремих метеостанцій, розташованих в межах зазначеного регіону, впродовж останніх двадцяти років річна сума атмосферних опадів зросла на 3,1-13,4 %, що становить, додатково, від 17 до 79 мм.

Підтвердженням тези щодо зростання водності річок регіону впродовж останніх років є наведені на рис. 4 середні річні витрати води за два обраних періоди по гідрологічних постах басейну Верхньої Прип'яті.

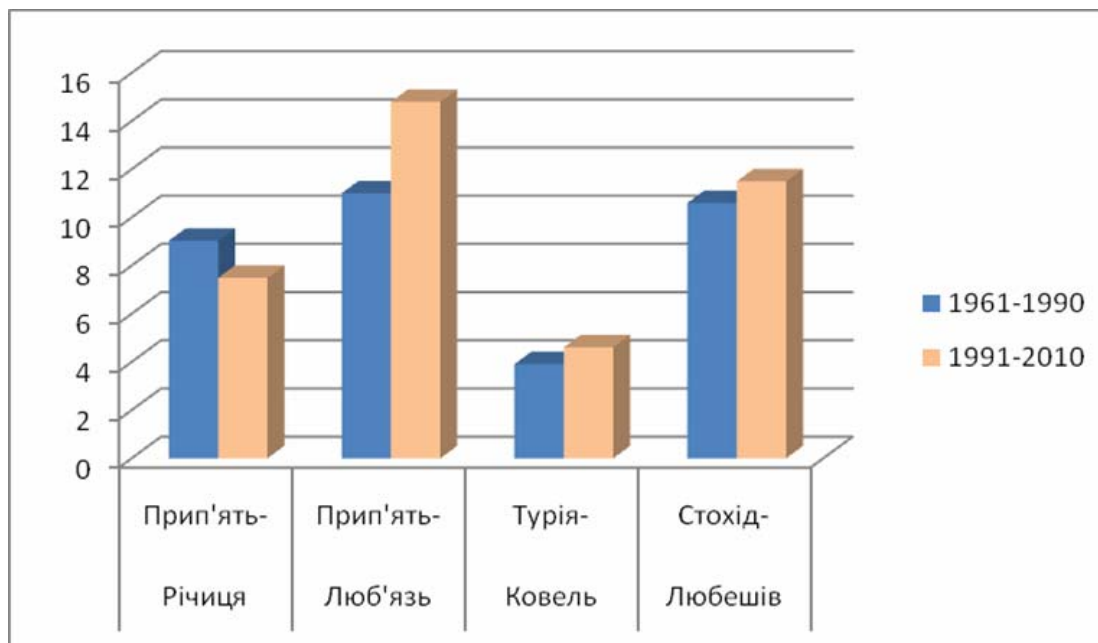


Рис.4. Середні річні витрати води (м³/с) по гідропостах регіону а два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

Зростання річних величин стоку спостерігається практично по всіх обраних постах, за виключенням гідропоста р. Прип'ять – с. Річиця. Впродовж останніх двадцяти років по даному посту відмічається зменшення середнього річного стоку, що обумовлено режимом роботи Верхньоприп'ятської осушувально-зволожувальної системи. За даними інших постів відзначається стійка тенденція до зростання середніх річних витрат води. Величина зростання за останні два десятиріччя становить від 8,6% (р. Стохід – смт. Любешів) до 34,5% (р. Прип'ять – с. Люб'язь).

Зростання водності відмічено для всіх сезонів року, але найбільш інтенсивним воно є для зимового сезону – рис. 5 та 6. Максимальна відносна величина зростання характерна для лютого місяця. Останній факт обумовлений більш раннім початком сніготанення та, відповідно, більш раннім формуванням весняного водопілля.

Зміни складових водно-теплогового балансу, що відбулися впродовж останніх десятиріч на території регіону, викликали певний перерозподіл внутрішньорічного розподілу стоку річок. Впродовж останніх двадцяти років відбулося певне зменшення об'єму стоку літньо-осінньої межені (переважно за рахунок осіннього сезону) при одночасному зростанні об'єму стоку зимової межені – рис. 7. Найбільше ці зміни проявляються на меліорованих територіях (верхня течія Прип'яті та басейн р. Турія), меншими вони є у басейні Стоходу.

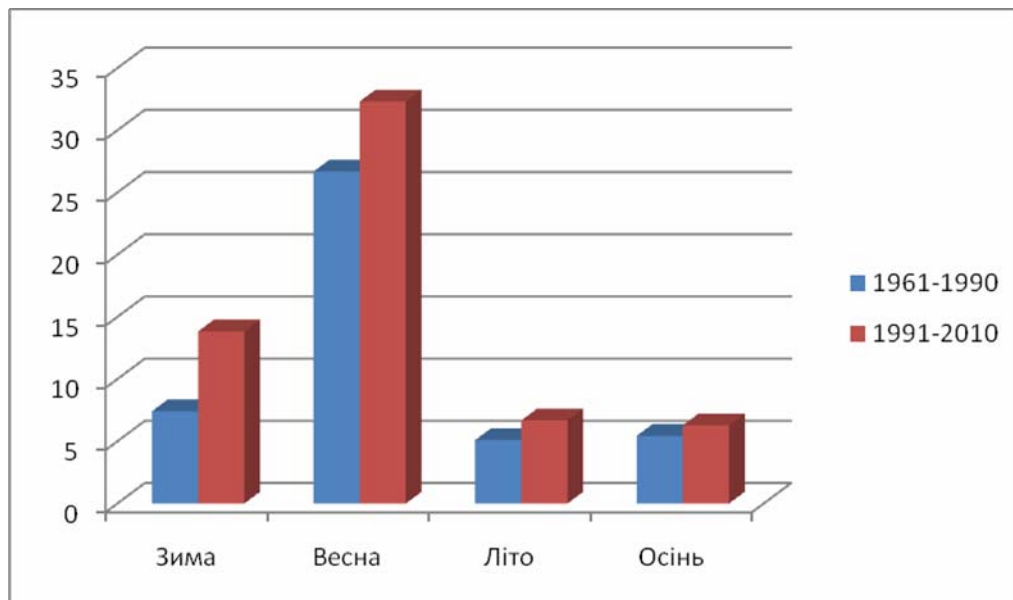


Рис.5. Середні сезонні витрати води (м³/с) по гідропосту р.Прий'ять – с.Люб'язь за два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

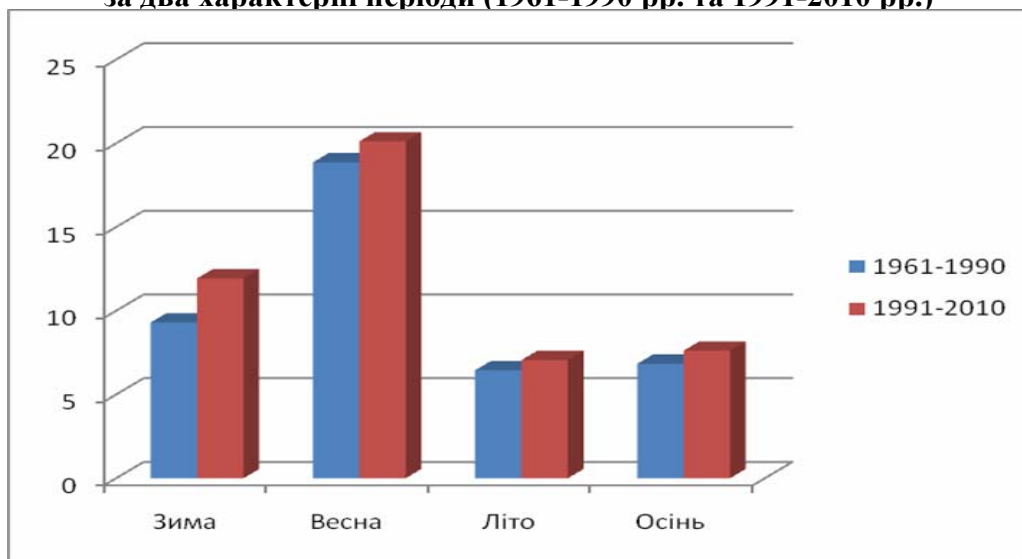


Рис.6. Середні сезонні витрати води (м³/с) по гідропосту р.Стохід – смт Любешів за два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

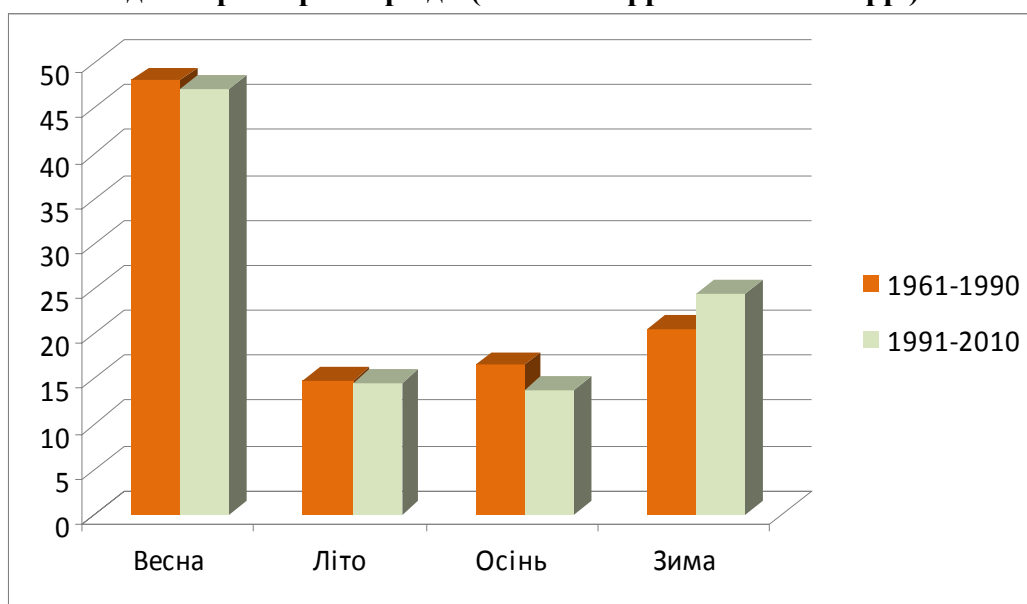


Рис.7. Внутрішньорічний розподіл стоку річок басейну Верхньої Прип'яті за два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

Максимальний річний стік на річках регіону зазвичай пов'язаний з проходженням весняного водопілля. Високе водопілля утворюється під час пізньої дружньої весни внаслідок інтенсивного танення достатньо великих снігозапасів та тривалих дощових опадів, що накладаються на основну хвилю талих вод. У басейні Верхньої Прип'яті весняне водопілля починається, зазвичай, в першій декаді березня. Між строками початку водопілля, його інтенсивністю та тривалістю існує зв'язок. Як правило, у пізні весни при інтенсивному сніготаненні формується найбільш високе і нетривале водопілля з найбільшими максимумами. В ранні весни відбувається повільне танення снігового покриву, зростають втрати талих вод на фільтрацію. Весняне водопілля зазвичай низьке і тривале. Низьке водопілля відмічається також у роки із значними зимовими паводками, що утворюються внаслідок сніготанення під час відлиг.

Кліматичні зміни, що відбуваються впродовж останніх десятиріч, вплинули на характеристики весняного водопілля річок басейну. Передусім, це стосується термінів проходження водопілля в цілому та його максимуму, зокрема. Суттєве зростання середньомісячної температури повітря впродовж січня-березня місяців сприяло зміщенню початку весняного водопілля на більш ранні терміни впродовж останніх двох десятиріч. За нашими дослідженнями величина зміщення становить близько двох тижнів. Аналогічні зміни відбулися із термінами проходження максимуму весняного водопілля.

Окрім термінів проходження, суттєвих змін зазнали, власне, самі величини максимальних витрат весняного водопілля – рис. 8. В середньому величина зменшення весняного максимуму впродовж останніх двадцяти років становить 38,0%, коливаючись від 24,5% (р.Прип'ять – с.Люб'язь) до 54,0% (р.Прип'ять – с.Річиця).

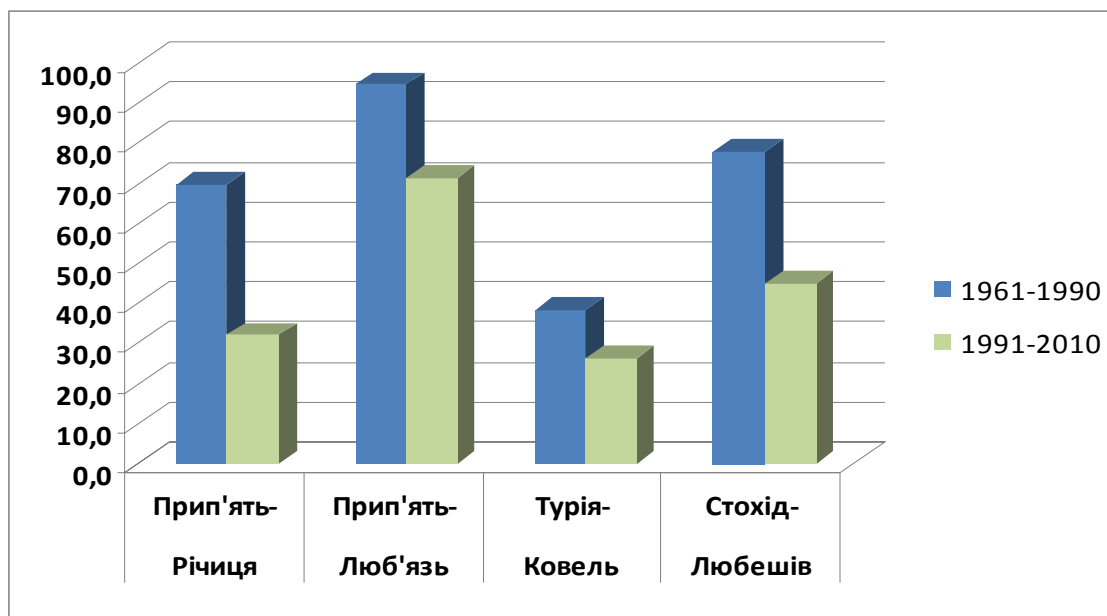


Рис.8. Максимальні річні витрати води (м³/с) по гідропостах регіону за два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

Для річок регіону характерною є літньо-осіння межень (коли відбувається виснаження запасів підземних вод), що порушується окремими підйомами, викликаними дощовими паводками, а також зимова межень, що переривається підйомами рівня внаслідок танення снігу під час відлиг. Зимова межень є більш високою, оскільки формується підвищений підземний притік за рахунок осіннього зволоження, а також за рахунок живлення підземних вод талими водами в період відлиг.

Початок літньо-осінньої межені на річках басейну Верхньої Прип'яті, в середньому, відмічається у третій декаді травня – першій декаді червня. Середня тривалість літньо-осінньої межені дорівнює 120-140 діб, середня тривалість найбільш маловодного періоду літньо-осінньої межені складає 20-30 діб. Початок зимової межені на річках басейну спостерігається переважно у третій декаді листопада – першій половині грудня. Середня тривалість межені складає 60-80 діб. Закінчення зимової межені припадає переважно на першу половину березня.

Внутрішньорічні зміни складових водно-теплогового балансу, обумовлені відповідними змінами температури повітря та опадів впродовж року, призвели до суттєвого зростання меженного стоку – рис. 9. Відсутність зазначених змін для гідрологічного поста р.Турія – м.Ковель обумовлена тим, що режим річки на ділянці поста формується скидами через греблю Ковельського водосховища. Вплив останнього (через невелику регулюючу ємність) практично не відчувається для максимальних та середньорічних витрат води, але є суттєвим для мінімальних значень стоку.

Зростання мінімальних річних витрат води на річках басейну почали спостерігати ще у 70-х роках минулого сторіччя. Значно посилюється процес зростання мінімального стоку з кінця 80-х років ХХ сторіччя, що, в свою чергу, пов'язано із змінами клімату.

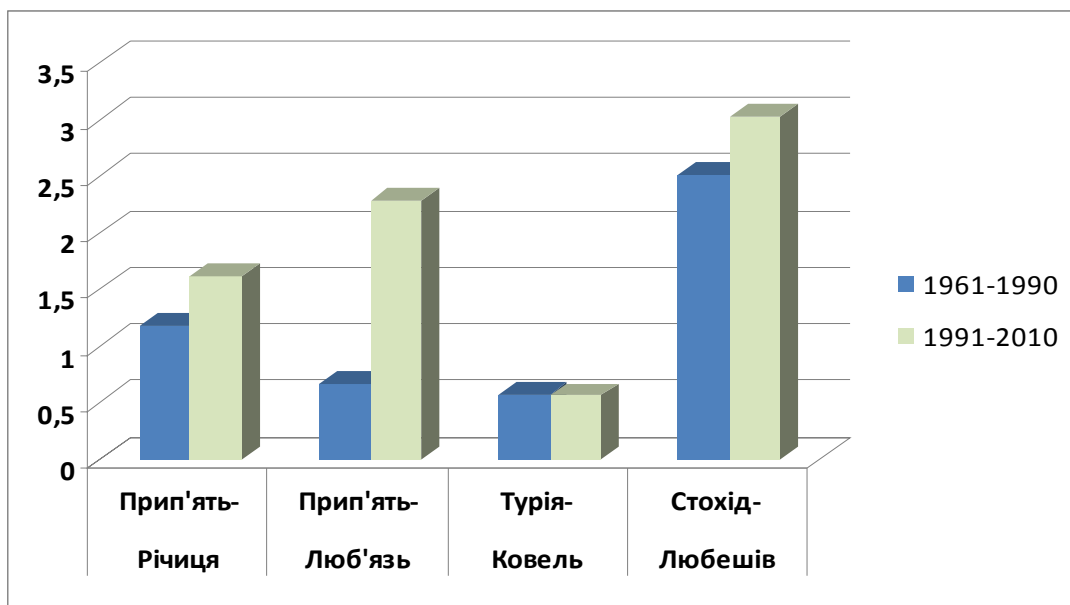


Рис.9. Мінімальні річні витрати води (м³/с) по гідропостах регіону за два характерні періоди (1961-1990 рр. та 1991-2010 рр.)

Мінімальні зимові середньомісячні витрати зросли за 1990-2010 рр. по всіх річках басейну. Величина зростання коливається від 13% (р.Прип'ять – с.Річиця) до 58% (р.Прип'ять – с.Люб'язь). Якщо раніше мінімальні зимові середньомісячні витрати у межах регіону проходили переважно у січні місяці, то протягом останніх десятиріч вони спостерігаються у грудні місяці. Суттєвими протягом останніх двох десятиріч є зазначені вище зміни і для періоду літньо-осінньої межені. Практично для всіх постів вони зросли на величину від 24% (р.Стохід – смт Любешів) до 41% (р.Турія – м.Ковель). Виключенням є гідрологічний пост р.Прип'ять – с.Річиця. Протягом останніх десятиріч мінімальні літні середньомісячні витрати води в створі даного поста мають тенденцію до зменшення. Останнє обумовлено роботою Верхньоприп'ятської осушувально-зволожувальної системи.

Лімітуючі часові інтервали для річок басейну не змінилися і спостерігаються, відповідно, восени (лімітуючий сезон) та у вересні (лімітуючий місяць).

Висновки.

1. Кліматичні зміни в межах території, що розглядається, проявилися у зростанні за останні 20 років (1990-2010 рр.) середньорічної температури повітря на величину близько 1,0 С° відносно кліматичної норми. Найбільший внесок у зміну річної температури внесли зимовий та весняний сезони, їх середня температура зросла, відповідно, на 1,6 С° та 1,3 С°;

2. При несуттєвих змінах річних сум опадів впродовж 1990-2010 рр.(різниця з попереднім періодом становить всього 4%) відбувся перерозподіл їх сезонних та місячних значень. Кількість опадів зросла в усі сезони (крім зимового), але найбільш суттєво – у перехідні – навесні та восени (відповідно, на 12 та 8%). Вказані зміни є однією з причин зменшення величини волого запасів впродовж зимового сезону та, відповідно, зменшення об'єму весняного водопілля на річках регіону в останні десятиріччя;

3. Зміни складових водно-теплогового балансу, що відбулися впродовж останніх десятиріч, призвели до зростання підземної складової живлення річок регіону і зараз вона досягає 53 %. При цьому майже вдвічі зросла частка постійного підземного живлення. Частка снігового живлення суттєво зменшилася і наразі становить лише 28%. Зміни дощової складової у живленні річок даного регіону є несуттєвими;

4. Впродовж останніх років спостерігається зростання водності річок регіону. Головною причиною цього є збільшення кількості атмосферних опадів. Зростання водності відмічено для всіх сезонів року, але найбільш інтенсивним воно є для зимового сезону. Максимальна відносна величина зростання характерна для лютого місяця. Останній факт обумовлений більш раннім початком сніготанення та, відповідно, більш раннім формуванням весняного водопілля;

5. Зміни клімату викликали перерозподіл внутрішньорічного розподілу стоку річок регіону. Впродовж останніх двадцяти років відбулося зменшення об'єму стоку літньо-осінньої межені (переважно за рахунок осіннього сезону)

при одночасному зростанні об'єму стоку зимової межені. Найбільше ці зміни проявляються на меліорованих територіях (верхня течія Прип'яті та басейн р. Турія), меншими вони є у басейні Стоходу;

6. Кліматичні зміни вплинули на характеристики весняного водопілля річок басейну. Суттєве зростання середньомісячної температури повітря впродовж січня-березня місяців сприяло зміщенню початку весняного водопілля на більш ранні терміни. За нашими дослідженнями, величина зміщення становить близько двох тижнів. Аналогічні зміни відбулися із термінами проходження максимуму водопілля. Суттєвих змін зазнали самі величини максимальних витрат весняного водопілля. В середньому, величина зменшення весняного максимуму становить 38,0%, коливаючись від 24,5% (р. Прип'ять – с.Люб'язь) до 54,0% (р.Прип'ять – с.Річиця);

7. Зміни температури повітря та опадів впродовж року призвели до зростання меженного стоку. Мінімальні зимові середньомісячні витрати зросли за 1990-2010 рр. по всіх річках басейну. Величина зростання коливається від 13% (р. Прип'ять – с.Річиця) до 58% (р. Прип'ять – с.Люб'язь). Суттєвими протягом останніх двох десятиріч є зазначені вище зміни і для періоду літньо-осінньої межені. Практично для всіх постів вони зросли на величину від 24% (р.Стохід – смт Любешів) до 41% (р.Турія – м.Ковель). Лімітуючі часові інтервали для річок басейну не змінилися і спостерігаються, відповідно, восени (лімітуючий сезон) та у вересні (лімітуючий місяць).

Список літератури

1. *Василенко Є. В.* Зміна термінів проходження весняного водопілля на річках басейну Прип'яті (в межах України) в сучасний період / Є. В. Василенко, В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 1(18). – С. 119-125;
2. *Василенко Є. В.* Характеристики весняного водопілля річок правобережжя Прип'яті та їх сучасні зміни / Є. В. Василенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3(20). – С. 75-83;
3. *Василенко Є. В.* Аналіз факторів формування весняного водопілля на річках Правобережжя Прип'яті / Є. В. Василенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 99-106;
4. *Вишневський В. І.* Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі / В. І. Вишневський // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 89-105;
5. *Войцехович В. О.* Сучасні зміни максимального стоку річок Українського Полісся / В. О. Войцехович, Л. І. Лузан // Наук. праці УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 125-135;
6. *Гопченко Є. Д.* Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Прип'ять / Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Шакірманова Ж. Р. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3(20). – С. 50-59;
7. *Гребінь В. В.* Закономірності внутрірічного розподілу стоку та особливості живлення річок басейну Верхньої Прип'яті / В. В. Гребінь, О. Г. Ободовський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 119-128;
8. *Гребінь В. В.* Сучасні зміни стоку річок Прип'ятського Полісся / В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2004. – Т. 6. – С. 74-85;
9. *Гребінь В. В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.;
10. *Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять* / [Под ред. М.Ю.Калинина, А.Г.Ободовского]. – Мн.: Белсэнь, 2003. – 269 с.

Оцінка водності річок басейну Верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін
Гребінь В. В.

Розглянуто сучасні зміни складових водно-теплогового балансу басейну Верхньої Прип'яті, що відбуваються внаслідок кліматичних змін. Відзначено зміни у співвідношенні окремих видів живлення річок, зміни параметрів весняного водопілля та характеристик меженного стоку.

Ключові слова: зміни клімату, водно-тепловий баланс, водний режим

Оценка водности рек бассейна Верхней Припяти в условиях климатических изменений

Гребень В. В.

Рассмотрены современные изменения составляющих водно-теплогового баланса бассейна Верхней Припяти, которые происходят вследствие климатических изменений. Отмечены изменения в соотношении отдельных видов питания рек, изменения параметров весеннего половодья и характеристик меженного стока.

Ключевые слова: изменения климата, водно-тепловой баланс, водный режим

Water content assessment of Upper Pripyat Basin Rivers in conditions to climate changes

Grebin V. V.

Modern changes of water-heat balance components of Upper Pripyat Basin, which are under the influence of climate changes, were studied. Changes in proportion of particular river alimentation type, changes in parameters of spring flood and low water runoff were determined.

Keywords: climate changes, water-heat balance, water regime.

Надійшла до редколегії 24.10.2011

УДК 556.06

Шакірзанова Ж.Р.

Одеський державний екологічний університет

**ПРОГНОЗУВАННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ
ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ ДНІПРА
З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРОГРАМНИХ
КОМПЛЕКСІВ**

Ключові слова: максимальні витрати води, прогнози весняного водопілля в умовах сучасного водного режиму

Вступ. Довгострокові прогнози максимальних витрат води на річках, що складають основну загрозу при затопленнях територій у багатоводні весни, потребують використання великої кількості вихідної гідрометеорологічної інформації. Часова зміна цих факторів стоку в сучасних кліматичних умовах відображується на величинах витрат води у річках. Зокрема, в останні роки зими стали теплішими і опади частіше представлені мокрим снігом і дощами.

Проблеми, матеріали і мета дослідження. Запропонований метод територіальних довгострокових прогнозів у вигляді розроблених автомати-

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

зованих прогностичних комплексів для оперативного прогнозування максимальних витрат (рівнів) води весняного водопілля з можливістю побудови картосхем прогнозних величин комп'ютерними засобами для річок басейну середньої течії Дніпра [1-3] впроваджений і практично використовується в оперативній діяльності Українського Гідрометцентру.

При цьому методика довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річках розроблена на даних стаціонарних спостережень гідрометеорологічної мережі за період по 2000 р. Тому необхідним є перевірка методики на матеріалах останнього десятиріччя і адаптація результатів прогнозів до сучасного стану водного режиму річок у поточні роки.

Така перевірка методики довгострокових прогнозів максимальних витрат води водопіль на незалежному сучасному періоді 2001-2010 рр. здійснена за розробленими автоматизованими програмними комплексами оперативних прогнозів для басейнів Прип'яті (правобережна частина), Десни, Сейму, інших приток Середнього Дніпра.

Методи дослідження. Для прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля в комп'ютерних комплексах використовується методика побудови регіональних залежностей максимального весняного модуля стоку (q_m) від максимальних запасів води в сніговому покриві (S_m) і суми рідких опадів періоду весняного сніготанення (X_1), виражених в модульних коефіцієнтах [4], тобто

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m + X_1}{S_0 + X_{10}}\right) \quad (1)$$

чи без урахування опадів

$$\frac{q_m}{q_0} = f\left(\frac{S_m}{S_0}\right), \quad (2)$$

де q_m і q_0 - максимальний модуль весняного водопілля і його середньобаторічне значення, м³/(с·км²); S_m і S_0 - максимальний запас води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення і його середньобаторічне значення, мм; X_1 і X_{10} - рідкі опади періоду весняного сніготанення і їх середньобаторічне значення, мм.

Угрупування точок на графіках зв'язків (1) або (2) обумовлені тим, що формування максимальних витрат води відбувається під впливом сукупності гідрометеорологічних факторів. Для типізації прогнозних залежностей з урахуванням дружності весняних процесів і передвесняного стану басейнів була використана модель дискримінантного аналізу [4].

Слід зазначити, що умови формування водопіль і, відповідно, набір факторів дискримінантної функції дещо розрізняються для лівобережної і правобережної (відносно р.Дніпро) частин рівнинної території України.

Так, аналізуючи умови формування весняних водопіль правобережної частини України, які пов'язані з частими зимовими відлигами і паводками на річках, в якості індексу зволоження ґрунтів на водозборах прийнята

середньомісячна витрата води перед водопіллям; для лівобережної – стік осінньо-зимового періоду, що характеризує загальну зволоженість басейнів з осені до початку весни. У формуванні весняних максимумів роль опадів періоду танення снігу більш відчутна в басейнах правобережних приток Дніпра. Для всієї території за характеристику дружності весни приймалася середньомісячна температура повітря першого місяця основного періоду сніготанення – лютого.

При цьому рівняння дискримінантних функцій DF мають вигляд:

- для правобережної частини території

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{ne}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}^0 ; \quad (3)$$

- для лівобережної частини

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}^0 . \quad (4)$$

В формулах (3) і (4) послідовно визначаються:

а) модульний коефіцієнт максимальних запасів води в сніговому покриві, які накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення з урахуванням (для правобережжя) або без (для лівобережжя) весняних опадів k_X у вигляді

$$k_X = (S_m + X_1) / (S_0 + X_{1_0}) \quad (5)$$

або

$$k_X = S_m / S_0 ; \quad (6)$$

б) індекси зволоження ґрунтів (у модульних коефіцієнтах):

- для річок лівобережної частини території – як середнього модулю стоку за осінньо-зимовий сезон (з вересня попереднього по січень поточного років) q_{09-01} , л/(с·км²) відносно його норми $(q_{09-01})_0$ у вигляді

$$k_{q_{09-01}} = q_{09-01} / (q_{(09-01)_0}) ; \quad (7)$$

- для річок правобережжя території – як передпівенева середньомісячна витрата води, яка також входить у відносній величині

$$k_{Q_{ne}} = Q_{ne} / (Q_{ne})_0 ; \quad (8)$$

в) визначення середніх по басейнах річок максимальних глибин промерзання ґрунтів L , як середнього арифметичного значення за даними пунктів їх виміру у межах водозбору. Значення глибин промерзання ґрунтів включене до дискримінантної функції у відносній величині, тобто

$$k_L = L / L_0 ; \quad (9)$$

г) встановлення середньомісячної температури повітря лютого Θ_{02}^0 С (у тому числі з урахуванням метеорологічного прогнозу температури повітря) по даних метеостанцій, розташованих в межах або близько до геометричних центрів водозборів.

Невідомі на дати складання прогнозів метеорологічні фактори, що входять у вектор-предиктор дискримінантної функції – максимальні запаси води у сніговому покриві S_m і опади під час формування максимуму водопілля X_1 , температура повітря у лютому та березні (при оцінці можливого випадіння снігу у березні), оцінюються по їх середньобагаторічних значеннях або орієнтуючись на синоптичний прогноз погоди за рекомендаціями [1-3].

За відсутності або пропусках у вимірах в окремих пунктах снігозапасів їх відновлюють по картосхемах розподілу снігозапасів по території, що будуються у гідрометцентрах на кожну дату снігозйомки, а глибин промерзання ґрунтів – по регіональних залежностях їх значень у i -му році від географічної широти пункту виміру промерзання ґрунту φ' (в частках град.) у вигляді

$$L_i = k_1 + k_2(\varphi' - 50^0); \quad (10)$$

середнього модулю осінньо-зимового стоку q_{09-0I} , л/(с·км²) по залежностях

$$(q_{09-0I})_i = k_3 + k_4(\varphi - 50^0), \quad (11)$$

де φ - географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.

Побудова залежностей типу (10) і (11) та відновлення пропусків даних по факторах водопілля виконується в програмному комплексі автоматично на кожну дату випуску прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля поточного року.

Отримані за комплексом перелічених факторів значення рівнянь дискримінантної функції $DF1$ і $DF2$ дозволяють надати якісний (альтернативний) прогноз водності майбутнього водопілля. Так, коли знак дискримінантної функції $DF1 > 0$, то слід очікувати формування максимуму водопілля вище середньобагаторічного. Якщо $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$, то максимальні витрати води весняних вод будуть близькими до середньобагаторічних їх величин. У випадку ж, коли $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$, водопілля очікується нижчим за норму.

При цьому для річкових систем, які знаходяться в районах з близькими умовами формування весняних водопілля дискримінантні рівняння сталі і можуть використовуватися для усіх річок такого району.

Прогноз величин модульних коефіцієнтів k_q здійснюється на дату його складання за регіональними залежностями у вигляді рівняння полінома

$$k_q = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (12)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти полінома при прогнозуванні максимальних витрат води весняного водопілля на річках, відповідно району приналежності гідрологічного поста і знаку дискримінантної функції DF .

Перехід від k_q до очікуваних значень максимальних витрат води Q_m , м³/с такий

$$Q_m = k_q \cdot q_0 \cdot F, \quad (13)$$

де F – площі річкових водозборів, км².

За наявності гідрологічних спостережень для кожної конкретної річки величина q_0 розраховується за часовим рядом максимальних витрат води.

За відсутності даних стокових спостережень середньобаторічне значення q_0 визначається за моделлю редукційного типового гідрографу водопілля у вигляді рівняння [5]

$$q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (14)$$

де q_0 – середній багаторічний модуль максимального стоку, м³/(с·км²); q'_0 – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу, м³/(с·км²); $\psi(t_p / T_0)$ – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання; ε_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання; r – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

Визначення параметрів розрахункової схеми (14) виконується відповідно рекомендаціям, наданим в [4 і 6].

Прогнозні значення рівнів води весняного водопілля визначаються по спрогнозованих максимальних витратах води за кривою витрат води $Q = f(H)$.

В методиці прогнозу передбачено встановлення забезпеченості (або ймовірності настання) прогнозованих максимальних витрат води весняного водопілля у багаторічному розрізі, що здійснюється за кривою трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля [6] по очікуваних k_q і коефіцієнтах варіації максимальних витрат води $(C_v)_Q$ при $C_s = 2.5C_v$. Забезпеченість прогнозних величин Q_m надається у вигляді інтервалу $P\%$

$$P_1 < P_Q < P_2, \quad (15)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, %, які встановлюються за таблицею [6].

Методика прогнозу дозволяє представляти у картографічному вигляді очікувані максимальні модульні коефіцієнти (k_q) та їх забезпеченості ($P\%$), і потім отримувати з картосхем прогнозні значення k_q і $P_Q\%$ для будь-яких гідрологічних постів (річок), шляхом їх визначення з відповідних картосхем.

Оцінка якості довгострокових прогнозів максимальних витрат та рівнів води весняного водопілля в комп'ютерних комплексах виконується шляхом визначення похибки прогнозу δ та в частках від допустимої похибки – $\delta / \delta_{\text{дон}}$. Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{\text{дон}} \leq 1.0$.

Результати досліджень. В роботі виконано перевірку методики територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Дніпро для сучасного періоду проходження

весняних максимумів (2001-2010 рр.) шляхом складання прогнозів з використанням комп'ютерних комплексів.

Перелік річкових водозборів, по яких здійснено прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля обумовлено наявністю даних про фактори стоку та стокові характеристики весняного водопілля в зазначений період (порядку 30 створів). Всього за десятиріччя було складено і оцінено приблизно 1200 прогнозів максимальних витрат води весняних водопіль на різні дати їх випуску. У кожному році прогнозування виконувалось при встановленні невідомих (на дати випуску прогнозів) метеорологічних факторів, використовуючи надані в прогнозній схемі рекомендації по їх визначенню і приймаючи метеорологічні умови зимово-весняного сезону близькими до кліматичної норми.

Результати довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну Дніпра (у 2001-2010 рр.) у вигляді графіків збіжності спостережених Q_m і спрогнозованих $Q_{m_{прог}}$ (в дати прогнозу 10,20,28 лютого і максимального снігонакопичення) їх величин $Q_m = f(Q_{m_{прог}})$ показали, що в цілому по території прогнозні значення максимальних витрат води завищені відносно їх спостережених величин на 20-25%.

Дослідження часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля на річках показали, що вони мають багаторічну тенденцію до зниження максимумів водопіль, внаслідок сучасних змін кліматичних умов регіону – підвищення температур повітря, особливо у зимові місяці і, як наслідок, зменшення снігонакопичення та промерзання ґрунтів. Для басейнів річок правобережжя Дніпра такі висновки узагальнені в [7]. Аналогічні зміни гідрометеорологічних характеристик спостерігаються й на інших річках басейну.

Враховуючи багаторічну тенденцію до зменшення максимальних витрат води весняного водопілля на річках розглядуваної території, були отримані коефіцієнти рівнянь регресії часового тренду за багаторічний період та за десять останніх років (2001-2010 рр.). Коефіцієнти рівнянь останніх добре узагальнюються по території (в залежності від географічної широти і площ водозборів), що дало змогу по їх величинах отримати значення середньобагаторічних максимальних витрат води з врахуванням регресії рядів ($Q_{регр}$) на кожний з десяти останніх років. При цьому в територіальній прогнозній методиці встановлення прогнозних величин максимальних витрат води водопілля виконувалось за формулою

$$Q_{m_{прог}} = k_q \cdot Q_{регр}, \quad (16)$$

де k_q – спрогнозовані за методикою модульні коефіцієнти максимальних витрат води весняного водопілля.

Перевірні прогнози максимумів водопіль за десять років (2001-2010 рр.) показали, що при врахуванні регресії рядів $Q_{регр}$ прогнозні величини

$Q_{m_{прог}}$ стають, навпаки, меншими за їх спостережені значення (до 15%).

Краща якість результатів збіжності спостережених і прогнозних максимальних витрат води водопілля отримана при уточненні значень середньобагаторічних величин максимальних витрат води весняного водопілля Q_0 при подовженні часових рядів спостережень до 2010 р. При обмеженості даних про стокові ряди за період 2001-2010 рр. пропонується (в межах всієї рівнинної території України) регіональне рівняння для отримання коефіцієнта $K_{Q_{2010}}$, що враховує зміну значень середньобагаторічних величин максимальних витрат води за період до 2010 р., в залежності від географічної широти центрів водозборів річок (φ в частках град.) у вигляді рівняння

$$K_{Q_{2010}} = 0.92 - 0.022(\varphi - 50^0). \quad (17)$$

Результати перевірних прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну Дніпра за період 2001-2010 рр., що отримані при використанні автоматизованих комп'ютерних комплексів та з врахуванням коефіцієнту $K_{Q_{2010}}$ відповідно (13)

$$Q_{m_{прог}} = k_q \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F, \quad (18)$$

показали збіжність спостережених і спрогнозованих величин максимальних витрат в межах 7-10%, при коефіцієнті кореляції зв'язків $Q_m = f(Q_{m_{прог}})$ на рівні 0.77-0.83 (на різні дати складання прогнозів). Забезпеченість допустимої похибки складених прогнозів за відношенням $\delta/\delta_{дон}$ становить 79-85%.

Висновки. Результати перевірних прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну Дніпра показали, що середньобагаторічні величини максимумів водопілля, які є базовими у прогнозній схемі, необхідно розраховувати зі змінами водності річок у період до 2010 р. Коефіцієнти, які враховують тенденцію до зменшення середньобагаторічних величин максимальних витрат води узагальнені по території в залежності від географічної широти водозборів річок.

Список літератури

1. Гопченко Є.Д. Комп'ютерні засоби просторового узагальнення очікуваних характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок (на прикладі басейну Десни) / Гопченко Є. Д., Шакірзанова Ж. Р., Андреевська Г. М. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 406-413. 2. Гопченко Є.Д. Довгострокове просторове прогнозування максимального весняного стоку на основі автоматизованого комп'ютерного комплексу / Є.Д. Гопченко, Шакірзанова Ж. Р., Андрієвська Г. М. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2006. – Вип.255. – С. 228-240. 3. Gopchenko E. Bundled software for long-term territorial forecasts of spring floods / Eugene Gopchenko, Jannetta Shakirzanova // Transboundary Floods: Reducing Risks Through Flood Management. – Springer, 2006. – P. 111-119. 4. Гопченко Є.Д. Метод просторового довгострокового прогнозування максимального стоку весняного водопілля та строків його проходження / Є. Д. Гопченко, Ж. Р. Шакірзанова // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. –

Вип. 50, ч.ІІ – С.158-168. **5. Гопченко Є.Д.** Гідрологія суші з основами водних меліорацій : навч.посібник / Є. Д. Гопченко, О. В. Гушля. – К. : ІСЛО, 1994. – 296 с. **6.** Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. **7. Гопченко Є.Д.** Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля на річках Полісся // Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Шакірманова Ж. Р. / Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С. 50-59.

Прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні Дніпра з використанням автоматизованих програмних комплексів

Шакірманова Ж.Р.

Реалізовано методику територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р.Дніпро на матеріалах останнього десятиріччя при зменшенні водності весен.

Ключові слова: максимальні витрати води, прогнози весняного водопілля в умовах сучасного водного режиму.

Прогнозирование максимальных расходов воды весеннего половодья в бассейне Днепра с использованием автоматизированных программных комплексов

Шакірманова Ж.Р.

Реализована методика территориальных долгосрочных прогнозов максимальных расходов воды весеннего половодья в бассейне р.Днепр на материалах последнего десятилетия при уменьшении водности вёсен.

Ключевые слова: максимальные расходы воды, прогнозы весеннего половодья в условиях современного водного режима.

Forecasting of the maximum water flow of the spring flood in basin Dnieper with use of the automated program complexes

Shakirmanova J.

The method of territorial long-term forecasts of the maximum water flow of the spring flood in basin of the river Dnieper on materials of last decade is realized, with a decrease in water availability springs.

Keywords: the maximum water flow, forecasts of the spring flood in today's water regime.

Надійшла до редколегії 27.10.2011

Данько К.Ю., Ободовський О.Г.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРОЯВУ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУСЛОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ РІЧОК БАСЕЙНУ Р. СТИР

Ключові слова: вертикальні руслові деформації, русло формуюча витрата, дискретна оцінка, континуальна оцінка, інтенсивність прояву вертикальних деформацій

Актуальність питання. Вертикальні руслові деформації в класичному розумінні це явища, що спричиняють коливання базису ерозії, кінцевим продуктом яких, можна вважати поздовжній профіль річки. Наслідком прояву вертикальних деформацій є постійна зміна абсолютних відміток дна русла, що виникають під дією ерозійно-аккумулятивних процесів. Зміна відміток дна русла, в свою чергу, впливає на абсолютні відмітки рівнів води, які використовують багато галузей господарства (промислові та комунальні водозабори, робота ГЕС та АЕС, водний транспорт, гідротехнічне будівництво та обслуговування тощо).

Руслові деформації, зокрема вертикальні, є явищем динамічним, хоча проявляються, в залежності від умов, по-різному. Інтенсивність їх прояву може становити від долі міліметрів до декількох сантиметрів у рік, але відомі випадки, коли такі деформації сягали декількох десятків сантиметрів за одну визначну повінь або за період проходження руслоформуючого (і вищих за нього) паводку (річки Сибіру, великі річки Китаю та ін.) [8, 11].

Таким чином, дана проблематика потребує особливої уваги, гідної інформаційної бази, проведення точних розрахунків та здійснення прогностичних робіт, з метою поліпшення умов життєдіяльності населення та його безпеки, а також покращення умов ведення господарства.

На сьогоднішній день гідрологічна вивченість річок України, особливо рівнинної її частини, є достатньо повною. Багато відомостей є про їх гідрологічний режим, натомість існує слабка обізнаність про руслові процеси і зокрема, про вертикальні руслові деформації. Даній проблематиці, на сьогодні, приділяється недостатньо уваги.

Досить цікавим з точки зору руслових процесів, та й характеру прояву вертикальних деформації виступає район Західного Полісся, зокрема басейн річки Стир. Річка Стир та водотоки її басейну є типовими (з гідрологічної точки зору) поліськими рівнинними річками, і вони мають дуже важливе господарське значення. На річках басейну Стиру побудовано низку ставків та водосховищ (371 водойма в басейні Стиру, серед яких 83 в басейні Ікви [7]). Найбільшими є водосховища Хрінниківської та Млинівської ГЕС на річках Стир та Іква, а також в басейні працює Рівненська АЕС, що знаходиться поблизу м. Кузнецовська та здійснює забори води зі Стиру. В басейні

здійснюються меліоративні заходи по осушенню земель. Антропогенне навантаження на русло-заплавний комплекс посилюється здійсненням (в сучасному й минулому) русловиправних та днопоглиблювальних робіт, каналізуванням річок. Крім того басейн річки Стир має й транскордонний характер, що в свою чергу підвищує його значення в господарстві як України, так і сусідньої Білорусі.

Такий характер використання русло-заплавного комплексу річок вказаного басейну створює досить своєрідні умови в перебігу гідравлічних процесів у гідродинамічній системі «потік-русло» (ГДС_{п-р}), що в свою чергу впливає на перебіг ерозійно-аккумулятивних процесів і на транспорт наносів. Тому вивченню характеру прояву вертикальних деформацій, в даному регіоні, треба приділити більше уваги, зокрема виявити особливі ділянки, проаналізувати загальний стан річок, й визначити загальний тренд прояву вертикальних деформацій та ерозійно-аккумулятивних процесів на річках. Така інформація необхідна під час проведення гідротехнічних робіт, здійсненні меліоративних заходів, розвитку судноплавства тощо.

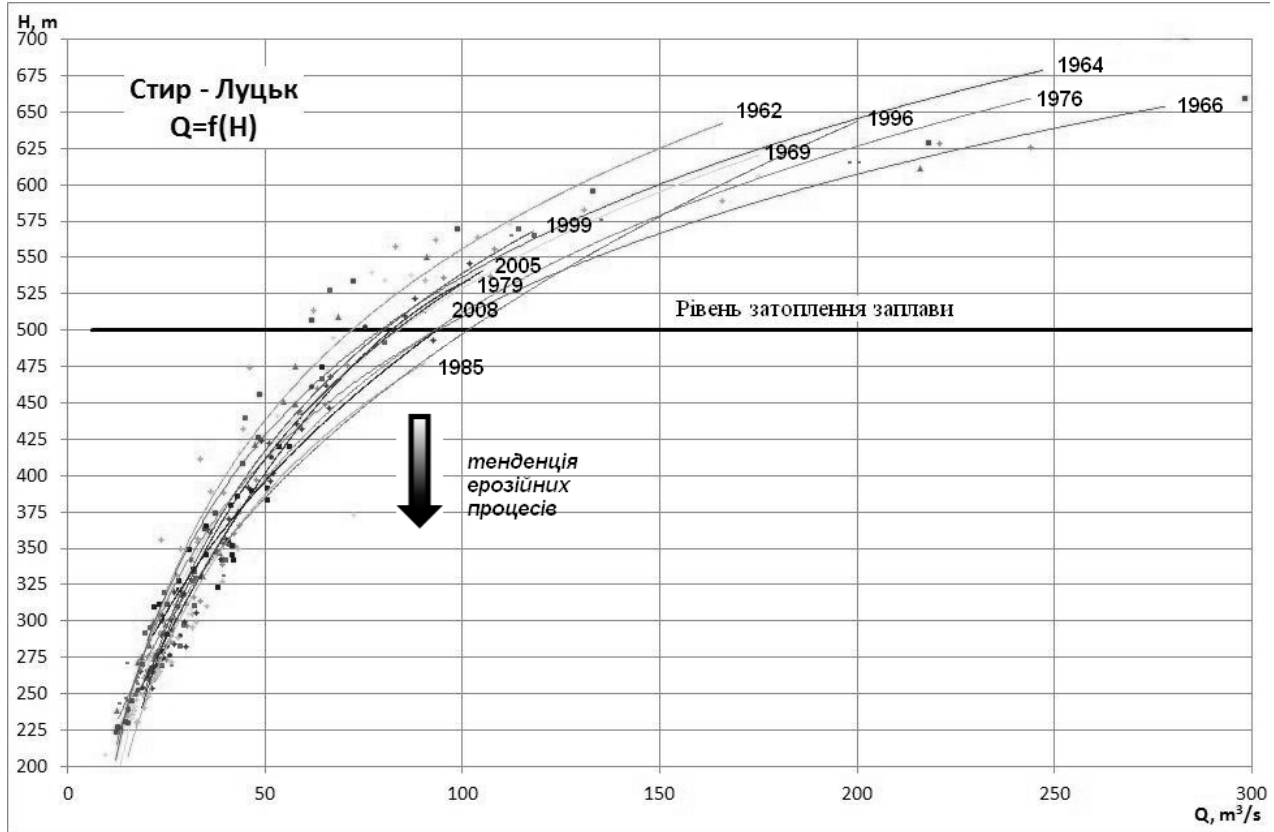
Аналіз попередніх досліджень. Питання, щодо вивчення характеру прояву вертикальних руслових деформацій, є відкритим вже не один десяток років. Хоча вивченням проблематики руслових процесів, зокрема вертикальних деформацій на річках басейну Стиру, займалось не так вже й багато дослідників. До того попередні дослідження несли собою більш опосередкований характер, чи мали другорядне відношення щодо згаданого басейну й розкривали більш загальні питання. Хоча, все ж можна згадати роботи Є.С. Цайца, О.Г. Ободовського, Я.О. Мольчака [2, 4, 5], в яких йде мова про особливості руслоформування й характер прояву деформацій русла на водотоках досліджуваного регіону.

Мета роботи. Провести аналіз інтенсивності прояву вертикальних деформацій на річках басейну р. Стир, виконати дискретну та континуальну оцінку вертикальних деформацій на річках басейну.

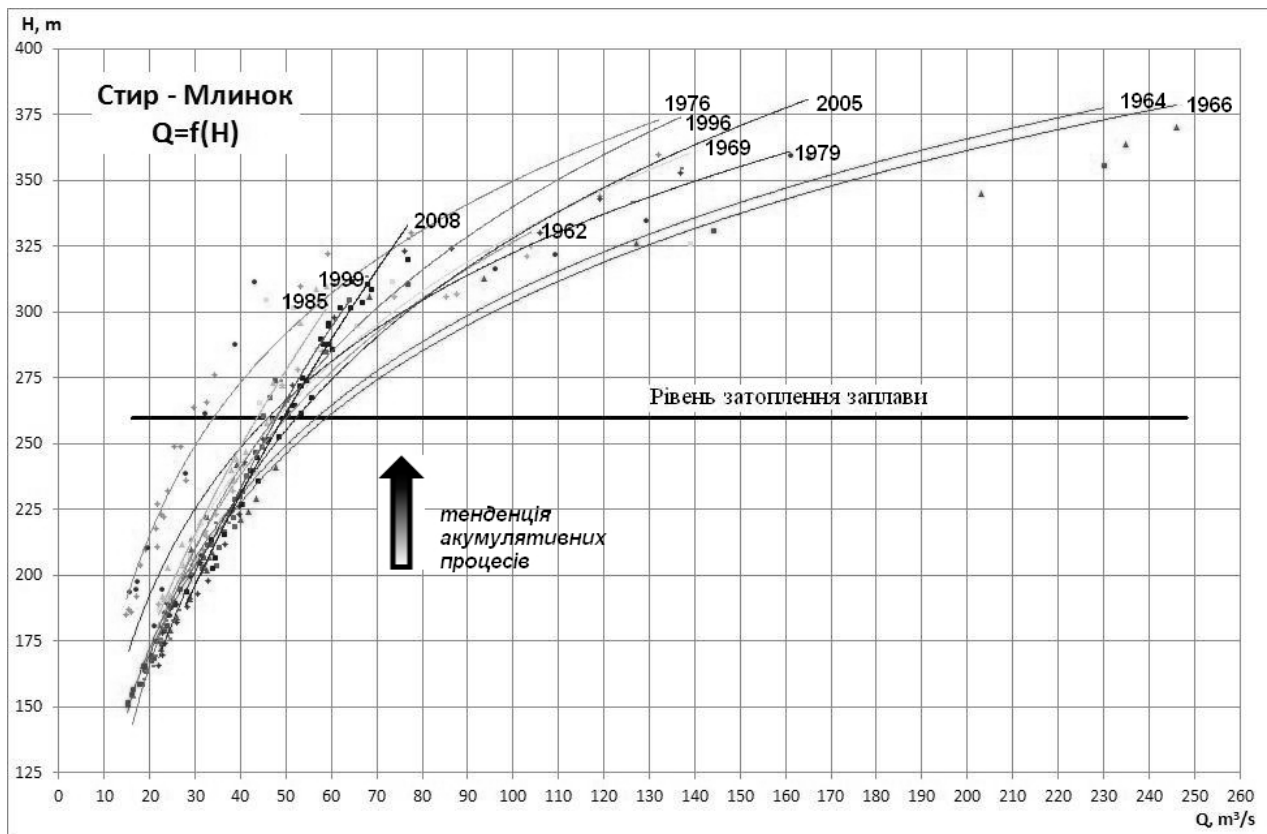
Методика досліджень. Згідно поставлено мети, робота здійснювалась за двома напрямками - дискретної оцінки та континуальної оцінки. Дискретна оцінка, передбачає собою оцінку прояву вертикальних деформації на незначній русловій ділянці (частіше виконується оцінка деформацій русла поблизу г/п через наявність тривалого ряду спостережень). Континуальна оцінка здійснюється для всього русла, чи для значної його частини.

Дискретна оцінка. Для здійснення дискретної оцінки інтенсивності прояву вертикальних деформацій на річках басейну Стиру найбільш доцільним виявився метод аналізу кривих витрат води - $Q = f(H)$. Тобто аналіз графіків зв'язку витрат води - Q , м³/с, з рівнями води - H , см.

Суть даного підходу полягає у виявленні тенденцій зміщення кривих $Q = f(H)$, на суміщених графіках зв'язку вниз, або вгору на координатному полі. Зміщення кривих вгору може свідчити про процеси акумуляції, тому що в такому випадку одній і тій же витраті води відповідають різні рівні води. В протилежному випадку, зміщення кривих вниз може свідчити про процеси ерозії і розмиву дна русла (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Тенденція розвитку ерозії а) та акумуляції б) на р. Стир

Кінцевим продуктом аналізу цих графіків є визначена величина інтенсивності прояву деформацій. Визначаються 3 характеристики: $\Delta_{\max}$ (см) – максимальне відхилення; $\Delta_{\max}/\text{рік}$ (см) – максимальна інтенсивність відхилень за рік; та $\Delta_{\text{сер}}/\text{рік}$ (см) – середня інтенсивність відхилень за рік, враховуючи весь період, який розглядається при дослідженні.

Всі основні обчислення здійснюються з урахуванням руслоформуєної витрати води - Q_{ϕ} , м³/с. Руслоформуєюча витрата є репрезентативною через те, що при її проходженні відмічаються перші суттєві переформування русла річки.

Серед відомих гідрологічних методів визначення спрямованості вертикальних руслових деформацій (аналіз кривих витрат води, аналіз кривих відповідних рівнів води, розрахунок балансу наносів за багаторічний період) саме аналіз кривих витрат є більш доцільним в даному випадку. По-перше, через наявність репрезентативних даних; по-друге, криві витрат чітко реагують на руслові переформування. Досвід показує, що залучення даного підходу дуже часто використовується при подібних дослідженнях [6, 8, 10].

Континуальна оцінка здійснюється за аналізом суміщених поздовжніх профілів річки. Даний підхід залучається через чутливість поздовжнього профілю річки до руслових деформацій, а саме вертикальних, які досить яскраво виявляються за багаторічний період. Вихідними даними в цьому випадку виступають матеріали топо-геодезичних робіт, картографічні матеріали [3]. На одному графіку будуються поздовжні профілі річки за окремі роки (рис. 2).

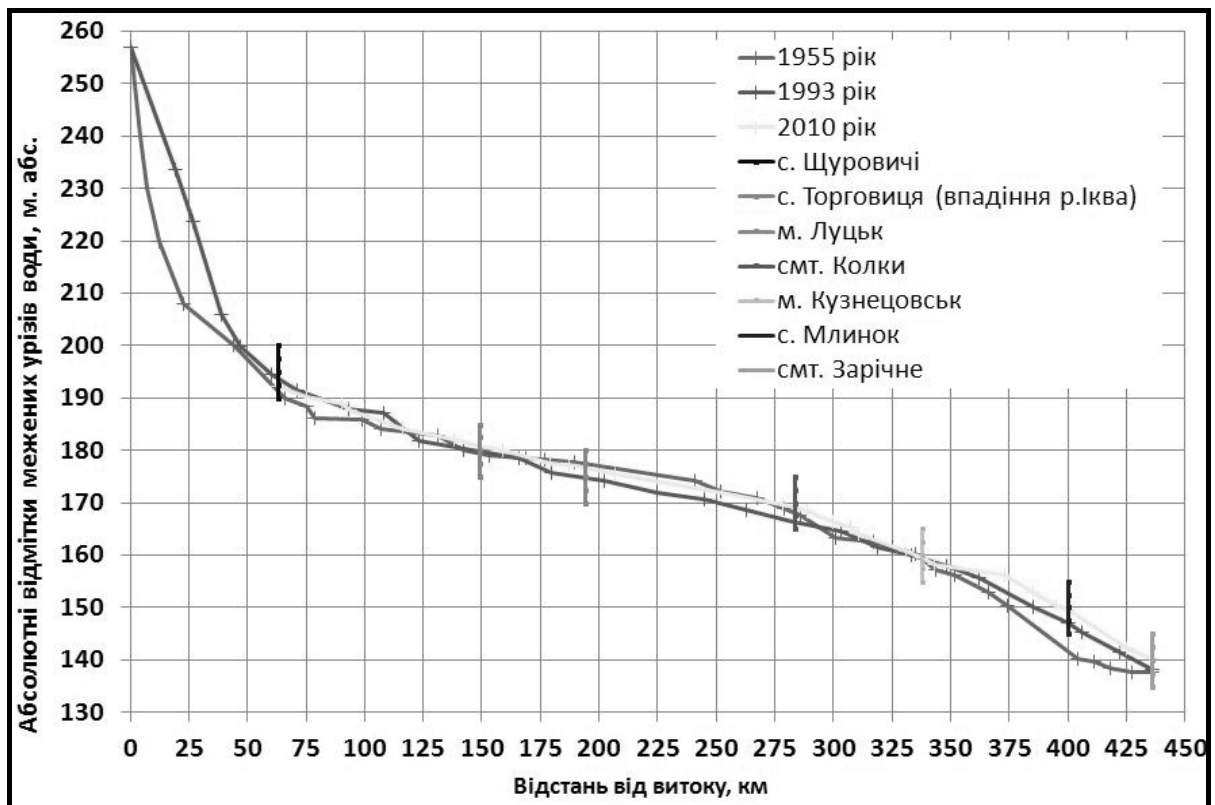


Рис. 2. Суміщені поздовжні профілі річки Стир (в межах України)

Враховуючи порядок річки та її довжину поздовжні профілі діляться на рівновеликі ділянки. Наприклад, якщо річка довжиною 400 км, то на кожні 100 км виділяють до 10 ділянок. Потім, шляхом збільшення масштабу графіка, визначають абсолютні відмітки кожного з отриманих відрізків, та за величиною різниць в абсолютних значеннях, за період який розглядається, визначається інтенсивність прояву вертикальних деформацій на кожній з ділянок. Подібні дослідження виконувались і для річок басейну Дністра [3].

Основні результати досліджень. *Дискретна оцінка.* Для проведення дискретної оцінки й аналізу вертикальних руслових деформацій був обраний період тривалістю в 47 років, з 1962 по 2008 роки. Оцінка здійснювалась за даними 5 гідрологічних постів, що знаходяться в басейні: Стир – с. Щуровичі, Стир – м. Луцьк, Стир – с. Млинок, Радоставка – с. Трійця, Іква – с. Великі Млинівці. З досліджуваного періоду були виділені розрахункові роки (1962, 1964, 1966, 1969, 1976, 1979, 1985, 1996, 1999, 2005, 2008) як найбільш репрезентативні що характеризуються високою водністю. За початковий розрахунковий (відносно якого робились розрахунки) було взято 1962 рік.

Для визначення характеру прояву вертикальних деформацій за розрахункові роки було побудовано 55 "кривих" функціональної залежності $Q=f(H)$ (див.рис. 1).

Оцінка вертикальних деформацій, а також узагальнюючий висновок про характер їх прояву на досліджуваних річках, проводились з урахуванням проходження руслоформуєвих витрат води (за М. І. Маккавєєвим), які домірні витратам води, що спостерігались до її виходу на заплаву та становили: Стир – с. Щуровичі – 12,0 м³/с; Стир – м. Луцьк – 70,0 м³/с; Стир – с. Млинок – 50,0 м³/с; Радоставка – с. Трійця – 4,00 м³/с; Іква – с. Великі Млинівці – 4,00 м³/с. Результати проведених розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати оцінки кривих $Q=f(H)$ для деяких річок басейну річки Стир

№	Річка - пост	Період спостережень	$Q_{\text{ф}}$, м ³ /с	Δ_{max} (см)	$\Delta_{\text{max/рік}}$ (см)	$\Delta_{\text{сер/рік}}$ (см)
1	Стир – с. Щуровичі	1976-2008	12,0	+16	+0,48	+0,1
2	Стир – м. Луцьк	1962-2008	70,0	-59	-1,26	-0,66
3	Стир – с. Млинок	1962-2008	50,0	(-14) +32	(-0,3) +0,68	+0,08
4	Радоставка – с. Трійця	1976-2005	4,00	+33	+1,10	+0,58
5	Іква – с. Великі Млинівці	1976-2008	4,00	-19	-0,58	-0,16

Аналіз таблиці 1 виявив наступні тенденції прояву вертикальних деформацій на річках басейну Стиру. На руслових ділянках в межах дії гідрологічних постів Стир – с. Щуровичі, Стир – с. Млинок та Радоставка – с. Трійця відмічаються процеси акумуляції наносів в руслі. Як показав аналіз суміщених кривих $Q=f(H)$, інтенсивність приросту рівнів води становить в середньому +0,1, +0,08 й +0,58 см/рік відповідно. У свою чергу, на гідрологічних постах Стир – м. Луцьк та Іква – с. Великі Млинівці

фіксуються тенденції врізання русла. Середньорічна інтенсивність ерозії на даних постах становить -0,66 і -0,16 см/рік відповідно (рис. 3).



Рис. 3. Інтенсивність прояву вертикальних деформацій на річках басейну Стиру

Дослідження показали, що особливості прояву вертикальних деформацій, зокрема перебігу ерозійно-аккумулятивних процесів, знаходяться в безпосередньому зв'язку з господарською діяльністю в басейні, хоча має місце й природність перебігу процесів.

Акумулятивні процеси зафіксовані у верхів'ї басейну та в нижній його течії. Водотоки басейну досить сильно каналізовані, зокрема для потреб осушувальних меліорацій. В окремих джерелах згадується, що величина каналізованих ділянок на річках досліджуваного регіону становить близько 10% [9], а на деяких - понад 25 – 30 % [2]. Таким чином, з осушувальних територій, в русла річок привноситься велика кількість наносів як мінерального, так і органічного походження, що, в свою чергу, продукує й посилює процеси акумуляції. Так, після початку проведення меліоративних осушувальних заходів в басейні річки Радоставка в 60-х роках, після проведення робіт по осушенню її заплави в 70-х роках минулого сторіччя, русло почало замулюватись, що в свою чергу активізувало процеси його заростання. Утворився кумулятивний ефект: замулення спричинює заростання, заростання русла сповільнює течію й змінює швидкісний режим, тим самим підсилюючи замулення й розвиток акумулятивних процесів. До того ж, згідно досліджень [1], на початку 80-х років, почалась маловодна

фаза стоку (1982-1998 рр.), що тільки інтенсифікувала процеси накопичення алювію в руслах річок.

У верхів'ї Стиру також спостерігались вище згадані тенденції. Таким чином в руслах, в межах дії гідрологічних постів Стир – с. Щуровичі та Радоставка – с. Трійця, зафіксовані акумулятивні процеси (див. табл.1).

А щодо гідрологічного поста Стир – с. Млинок, який розташований в пониззі, то процеси акумуляції, які відмічаються в руслі в межах згаданого поста, є закономірними. По-перше ділянка знаходиться в нижній течії, для якої є характерним відкладання наносів, які принесені з верхів'їв. А, по-друге, ділянки русла вище за течією, особливо поблизу міст Кузнецовськ та Луцьк були спрямлені та каналізовані. Це, в свою чергу, спричинило зростання швидкостей течії на цих ділянках, збільшення здатності потоку до розмиву дна та перенесення наносів вниз за течією. Внаслідок каналізування русла в межах м. Луцьк, відмічається ерозія дна з інтенсивністю -0,66 см/рік. Теж саме й доводять роботи [2, 4].

Для річки Іква такі процеси також є актуальними. Русло її в межах дії гідрологічного поста Іква – с. Великі Млинівці також зазнало перетворень. Ерозійні процеси, внаслідок каналізування на цій ділянці, спричинили акумуляцію нижче за течією, що й підтвердила й довела континуальна оцінка вертикальних деформацій (рис. 2).

Континуальна оцінка проводилась по річках Стир та Іква. Вихідним, розрахунковим зрізом часової зміни повздовжніх профілів слугували результати топо-геодезичних робіт середини 50-х років, які порівнювались з результатами таких робіт, що проводились протягом останніх 50 років, враховуючи й власні матеріали, які були зібрані під час польових експедиційних робіт.

Для вказаних річок виконане співставлення повздовжніх профілів за різні періоди часу. Для річки Стир було побудовано три поздовжні профілі за результатами топо-геодезичних робіт різних років (1955, 1993, 2010 рр.), а для річки Іква було суміщено два поздовжні профілі за 1955 та 1993 рр. Континуально (через кожні 10 км) було проведено аналіз зміни повздовжніх профілів річки. На р. Стир, на ділянці від с. Щуровичі до смт. Зарічне (ділянка довжиною 373 км) (рис. 2). Це дало можливість оцінити інтенсивність розвитку вертикальних деформацій на ділянці, яка охоплює розташування всіх гідрологічних постів на Стиру. На Ікві, оцінка проводилась за всією довжиною річки, від витoku до гирла. Таким чином, довжина дослідженої ділянки становила 156 км. Результати оцінки приведені в табл. 2 та 3.

Грунтуючись на висновках, які були зроблені при аналізі таблиць 2 та 3 виявлено, що континуальна оцінка вертикальних деформацій на річках басейну Стиру підтвердила результати дискретної оцінки й засвідчила переважання акумулятивних процесів майже по всій довжині досліджуваних ділянок. А саме зафіксовано, що у верхів'ї річок Стир та Іква відмічаються акумулятивні процеси, які, більшою мірою є наслідком господарської діяльності, підсиленої природними факторами.

Таблиця 2. Кількісна (континуальна) оцінка спрямованості вертикальних деформацій русла р. Стир

Розрахункова ділянка (відстань від витoku в км)	Відмітки води в межах в м. абс			Δсер/рік + акумуляція, м - ерозія, м
	1955	1993	2010	
с.Щуровичі - 63	191,36	193,78	192,15	+0,02
70	189,3	191,78	190,8	+0,02
80	186,18	190	189,7	+0,04
90	185,98	188,4	188,84	+0,03
100	185,6	187,58	186,7	+0,02
110	183,94	186,74	185,02	+0,02
120	183,42	184,5	183,64	+0,01
130	182,88	182,24	182,72	0,00
140	180,72	181,23	181,74	+0,01
с. Торговица 149	179,42	180,52	180,78	+0,01
150	179,32	180,44	180,7	+0,01
160	178,78	179,66	179,98	+0,01
170	178,49	178,75	178,88	0,00
180	178,28	177,2	177,6	-0,01
190	177,86	175,5	177,06	-0,02
м. Луцьк - 194	177,56	175,22	176,64	-0,02
200	177,12	174,8	176,12	-0,02
210	176,38	174,04	175,28	-0,02
220	176,38	174,06	175,29	-0,02
230	174,9	172,1	173,73	-0,02
240	174,14	171,36	172,94	-0,02
250	172,54	170,64	172,17	-0,01
260	171,5	169,65	171,27	-0,01
270	170,4	168,58	170,34	-0,01
280	168,62	167,44	169,41	0,00
сmt. Колки - 283,5	167,98	167,04	169,09	0,00
290	166,36	166,32	168,26	+0,01
300	163,5	165,42	166,29	+0,03
310	162,91	164,42	164,34	+0,02
320	162,19	162,48	162,58	0,00
330	160,84	161,02	160,96	0,00
м. Кузнецовськ - 338	159,14	160,15	159,47	+0,01
340	158,44	159,89	159,01	+0,01
350	156,4	158,49	157,81	+0,02
360	154,34	156,98	157,08	+0,03
370	151,7	155,19	156,35	+0,05
380	148,38	152,76	154,3	+0,06
390	144,21	150,32	151,66	+0,08
с.Млинок 400	141,7	148,18	149,55	+0,09
410	139,78	145,27	146,61	+0,07
420	138,34	142,68	143,66	+0,06
430	137,74	140,04	141,27	+0,03
с. Зарічне - 436	137,6	138,4	140,81	+0,02

Таблиця 3. Кількісна (континуальна) оцінка спрямованості вертикальних деформацій русла р. Іква

Розрахункова ділянка (відстань від витоку в км)	Відмітки води в межах в м. абс		Δсер/рік + акумуляція, м - ерозія, м
	1955	1993	
Витік - 0	368	368	0,00
10	287,78	293,55	+0,07
20	269,54	278,37	+0,11
30	255,87	255,18	-0,01
40	242,2	248	+0,07
50	233,38	233,91	+0,01
60	222,94	219,04	-0,05
70	212,88	211,7	-0,02
80	199,78	202,22	+0,03
90	193,74	196,23	+0,03
100	191,77	193,44	+0,02
110	189,75	192,1	+0,03
120	187,2	190,77	+0,05
130	184,68	185,8	+0,01
140	182,16	183,56	+0,02
150	180,02	181,53	+0,02
Гирло - 156	178,9	179	0,00

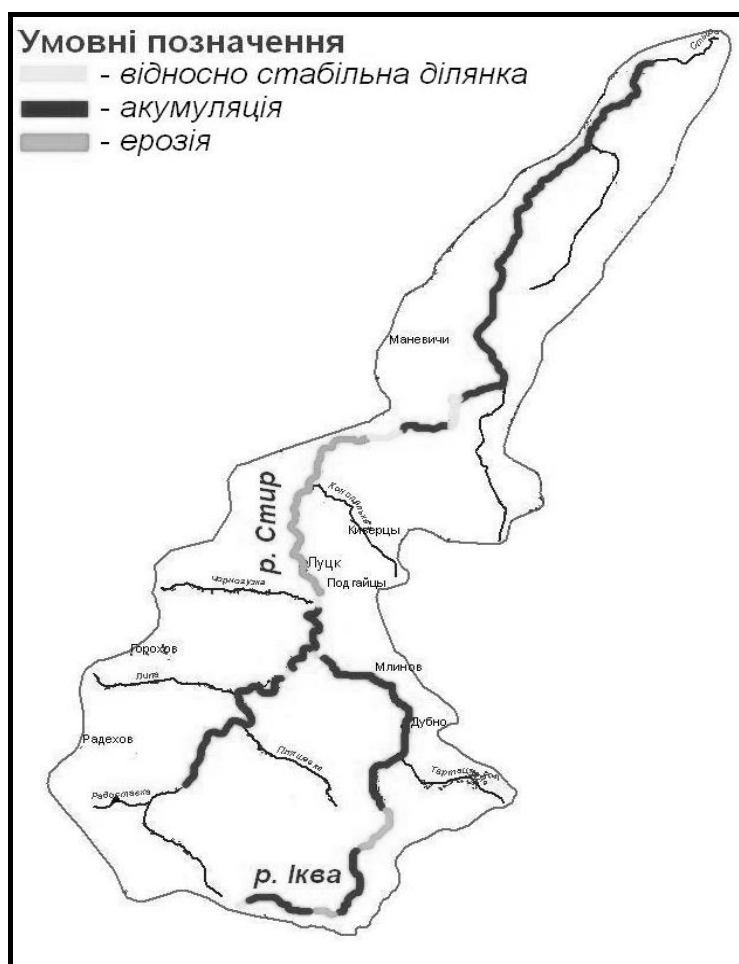


Рис. 4. Спрямованість вертикальних руслових деформацій на річках басейну Стиру

Висновки. Ґрунтуючись на засадах і принципах, щодо оцінки й аналізу інтенсивності прояву вертикальних руслових деформацій, була встановлена інтенсивність таких деформацій на річках басейну Стиру. Залучено як дискретний, так і континуальний підхід. З'ясовано, що в цілому на річках басейну Стиру переважають процеси акумуляції, і лише на деяких ділянках річок зустрічаються ерозійні процеси.

У цілому, на характер прояву та інтенсивність вертикальних деформацій впливає господарська діяльність, яка через здійснення осушувальних меліорацій й здійснення руслорегулюючих робіт підсилює перебіг ерозійно-акумулятивних процесів. Тобто, перебіг процесів руслоформування не здійснюється природнім шляхом. Особливості господарської діяльності спричинили суттєві зміни в характері швидкісного режиму та транспорті наносів, наслідки таких змін проявляються на річках по різному, в залежності від розмірів і порядку річки. В більшості випадків це спричинило активізацію акумулятивного процесу, що на деяких річках викликало повільне замулення й поступове заростання.

Щодо природніх факторів руслоформування в досліджуваному басейні, то характер прояву вертикальних руслових деформацій, дуже чітко узгоджується з характером змін водності досліджуваних річок. А саме; в період багатоводної фази водності (1965-1981 рр.) інтенсивність розвитку вертикальних деформацій зростає і суттєво відрізняється від інтенсивності в період маловодної фази (1982-1998 рр.). Особливості вертикальних деформацій водотоків басейну, знаходяться в безпосередньому зв'язку з умовами карстування басейну. Ерозійні процеси фіксуються в районах відкритого карсту, за умов перекритого карсту, здебільшого переважають акумулятивні процеси.

Список літератури

1. Закономірності внутрішньорічного розподілу стоку річки Стир та особливості його змін / [Є. В. Василенко, В. О. Дутко, О. С. Коноваленко, К. Ю. Данько] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1 (22). – С.80-87.
2. Мольчак Я.О. Заплавно-руслові процеси річок Волині в умовах антропогенних змін / Я.О Мольчак., І.Я. Мисковець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 11. – С. 97–101.
3. Продольные профили основных водотоков в бассейне Днестра в контексте определения направленности вертикальных деформаций русла / [А. Г. Ободовский, З. В. Розлач, Ю. М. Лёгкая, А. И. Дементенко] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – Т. 15. – С. 43–54.
4. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). – К. : Ніка-Центр, 2001, 2001. – 274 с.
5. Ободовський О. Г. Руслові процеси / О. Г. Ободовський, Є. С. Цайтц // Малі річки України. Довідник ; [за ред. А. В. Яцика]. – К. : Урожай, 1991. – С. 144-151.
6. Руслові процеси річки Лімниці / Ободовський О. Г., Онищук В. В., Гребінь В. В. та ін.]. – К. : Ніка-Центр, 2010. - 257 с.
7. Паламарчук М. М. Водний фонд України : Довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закарчевна ; [за ред. В. М. Хорева, К. А. Алієва]. – К. : Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
8. Розлач З. В. Оцінка вертикальних руслових деформацій річок басейну Верхнього та Середнього Дністра на основі аналізу кривих витрат води / З. В. Розлач // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т.12. – С. 122-131.
9. Управление водными ресурсами бассейна р. Припять / [под общ. ред. М. Ю. Калинина и А. Г. Ободовского]. – Минск : Белсэнс, 2008. – 269 с.
10. Цайтц Е. С. Определение просадки уровня воды при разработке руслового карьера / Е. С. Цайтц, А. Г. Ободовский // Метеорологія, кліматологія, гідрологія. – 1993. – Вып. 79.–

С. 123-127. 11. Чалов Р.С. Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая / Р.С. Чалов, Лю Шугуан, Н.И. Алексеевский. – М. : Изд-во МГУ, 2000. – 216 с.

Аналіз інтенсивності прояву вертикальних руслових деформацій річок басейну р. Стир

Данько К.Ю., Ободовський О.Г.

Виконана дискретна та континуальна оцінки вертикальних деформацій річок басейну р. Стир. Обчислена інтенсивність та визначений характер прояву вертикальних деформацій. Встановлено, що на річках басейну Стиру переважають процеси акумуляції, які поширені у верхів'ї басейну та в нижній його частині. Ерозійні процеси фіксуються в середній течії річок. На характер вертикальних деформацій русел річок активно впливає господарська діяльність в басейні.

Ключові слова: вертикальні руслові деформації, русло формуюча витрата, дискретна оцінка, континуальна оцінка, інтенсивність прояву вертикальних деформацій

Анализ интенсивности проявления вертикальных русловых деформаций рек бассейна р. Стырь

Данько К.Ю., Ободовский А.Г.

Выполнена дискретная и континуальная оценка вертикальных деформаций рек бассейна р. Стырь. Вычислена интенсивность и определён характер проявления вертикальных деформаций. Установлено, что на реках бассейна Стыри преобладают процессы аккумуляции, которые распространены в верховье бассейна и в нижней его части. Эрозионные процессы фиксируются в среднем течение рек. На характер вертикальных деформаций русел рек активно влияет хозяйственная деятельность в бассейне.

Ключевые слова: вертикальные русловые деформации, руслоформирующий расход, дискретная оценка, континуальная оценка, интенсивность проявления вертикальных деформаций.

The analysis of intensity of developing process vertical riverbed deformations of the rivers of basin of river Styr

Danko K., Obodovskiy O.

Accomplish to discrete and continuous assessment of vertical riverbed deformations of the rivers of basin of river Styr. Intensity is calculated and character of display of vertical deformations is defined. It is established that the rivers of the basin of Styr, accumulation processes prevail that are common in the upper course of basin and in its lower part. Erosive processes are fixed on the middle course of the rivers. On character of vertical riverbed deformations of the rivers, actively influence economic activity in the basin

Keywords: vertical riverbed deformations, bed-formation discharge, discrete assessment, continuous assessment, intensity of developing process vertical riverbed deformations.

Надійшла до редколегії 03.11.2011

Явкін В.Г., Мельник А.А.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ЧИННИКИ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ ДНІСТРА)

Ключові слова: *антропогенний вплив, гідрологічний режим, однорідність*

Вступ. Проблема дослідження впливу господарської діяльності на різні характеристики річкового стоку набуває в останні роки все більше значення. Зазвичай, говорячи про екологічний стан водних об'єктів, мають на увазі тільки аспекти забруднення, не приділяючи уваги впливу людини на кількісні характеристики гідрологічного режиму; річний і сезонний стік, рівні води, максимальні і мінімальні витрати води, внутрішньорічний розподіл стоку. Проте, в багатьох випадках антропогенний вплив на гідрологічний режим рік є головною причиною різкого погіршення екологічної ситуації деяких регіонів.

Стає актуальним завдання оцінки змін в екологічній обстановці окремих регіонів в співвідношенні з цілим рядом факторів, серед яких важливе місце займають фактори, що визначають гідрологічний режим поверхневих вод і, особливо, процеси формування гідрографа дощового паводку.

Для успішного ведення водогосподарського і інших видів будівництва необхідні досить точні методи розрахунку максимальних витрат дощових паводків. Від величини останніх залежать розміри водопропускних отворів гідротехнічних споруд, ставків і водосховищ, магістральних каналів осушувальних систем, висота дамб захисту земель і населених пунктів від затоплення і т.д.

Аналіз попередніх досліджень. Сьогодні розглядаються методології виявлення розрахункових гідрологічних характеристик з використанням індивідуальної інформації і регіональних залежностей. Велика увага приділяється оцінці випадкових і систематичних похибок. Здійснюються розрахунки максимального дощового стоку для малих водозборів; з використанням тільки регіональних залежностей; властивостей ґрунтів і характеристик дощів [3,8].

Будуються регресійні регіональні моделі розрахунку максимального модуля стоку з використанням гідрографічних характеристик водозборів рік (похибка 25-30% при відсутності даних спостережень) [6]. Найбільш перспективними є формула операторного типу [1].

В попередніх роботах розглянуто особливості формування максимального стоку лівобережних подільських приток Дністра. В пунктах спостережень здійснено розрахунки модулів максимального стоку 1% забезпеченості, включаючи оцінку внутрішньорічної та міжрічної

однорідності рядів спостережень. Оцінено просторові особливості характеристик максимуму цієї території. Співвідношення коефіцієнтів варіації та асиметрії дозволило виправити карти модулів максимальних витрат 1% забезпеченості води при відсутності спостережень [6].

Викладення основного матеріалу. Аналіз багатолітніх чи просторових коливань характеристик стоку в сукупності з природними гідрометеорологічними факторами та динамікою розвитку широко використовує статистичні методи для регіональних оцінок антропогенних змін річного, весняного і меженного стоку.

При наявності достатнього ряду спостережень за стоком визначається стаціонарність чи тенденція ряду в режимі стоку за рахунок людської діяльності і наближено оцінюється величина цих змін.

Чим більш складні методи використовуються для оцінки антропогенних змін стоку, тим більший об'єм вхідної інформації потрібний. В залежності від метеорологічних можливостей і поставлених завдань обираються методи оцінки.

При наявності одного вихідного ряду спостережень за стоком оцінка впливу господарської діяльності дозволяє встановити початок можливих антропогенних змін характеристик гідрологічного режиму, хоча по ряду причин це досить важко. По-перше, такі фактори антропогенного впливу, як розорення земель, вирубка лісів, зрошення часто мають місце на водозборах задовго до початку спостережень за стоком, це характерно навіть для рік з найбільшими гідрологічними спостереженнями. По-друге, фактори господарської діяльності можуть по різному впливати на характеристики річкового стоку, зменшуючи чи збільшуючи їх величини. По-третє, навіть інтенсивна господарська діяльність на деяких водозборах може довгий час не впливати на стік в замикаючому створі [11, 12].

Відомі класичні методи прояву тренду під впливом господарської діяльності [12]. Його сучасні інтерпретації розглядаються і для гірських і для рівнинних територій з урахуванням ознак часової циклічності [4, 15, 16].

Вплив господарської діяльності при аналізі багатолітніх рядів спостережень за стоком може бути виявлений за допомогою методу лінійного тренду. Рівняння лінійного тренду часових рядів річкового стоку має вигляд:

$$Y_t = \bar{Y} + \alpha_t(t - \bar{t}), \quad (1)$$

де Y_t - стік в момент t ; $\bar{Y}$ - середній стік за розглянутий період; $\bar{t}$ - момент часу, що відповідає середньому стоку $\bar{Y}$; α_t - кутовий коефіцієнт тренду.

Досліджено лінійні часові тренди для багатолітніх рядів спостережень за нормою стоку, профільтовані та різницеві інтегральні криві середньорічних та максимальних витрат води річок в басейні Дністра (рис.1). Аналізуючи ці графіки видно, що метод лінійних трендів ніяк не може служити основою для об'єктивної кількісної оцінки антропогенних змін річкового стоку.

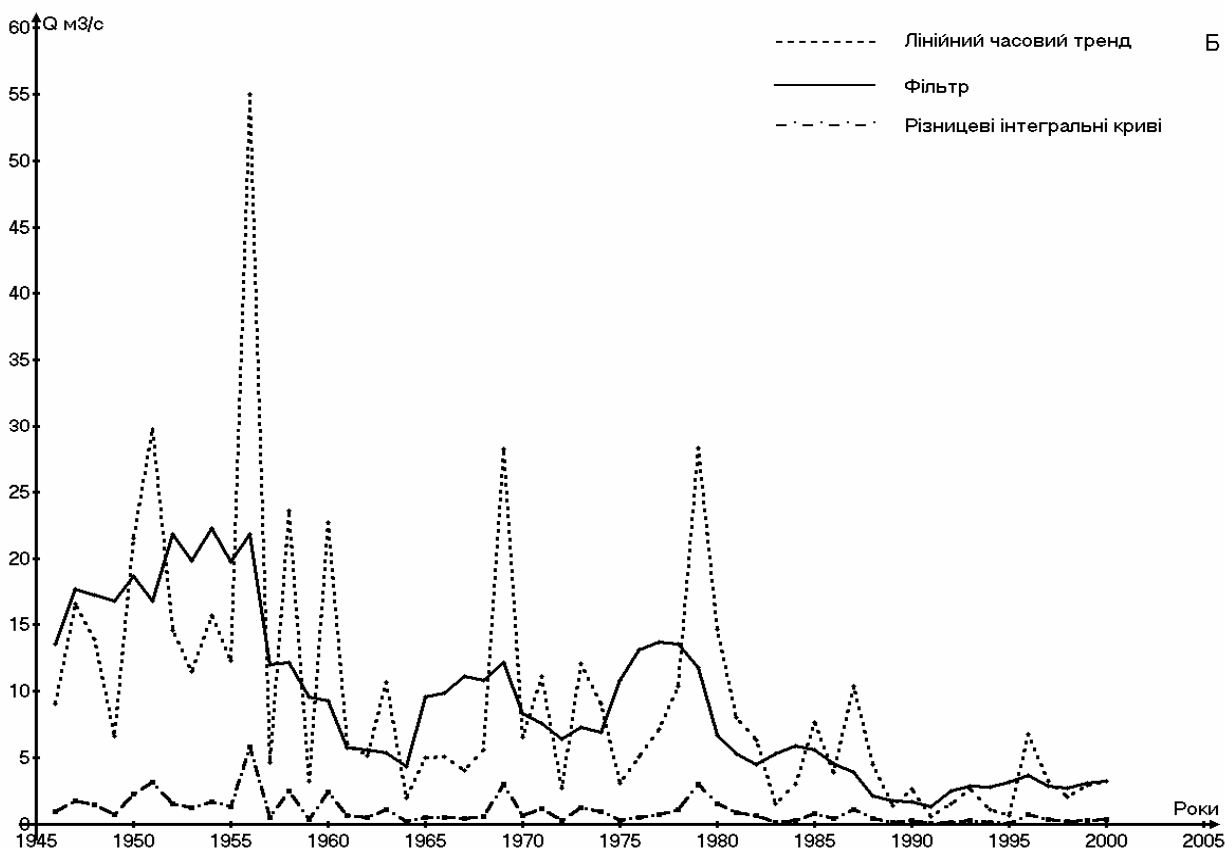
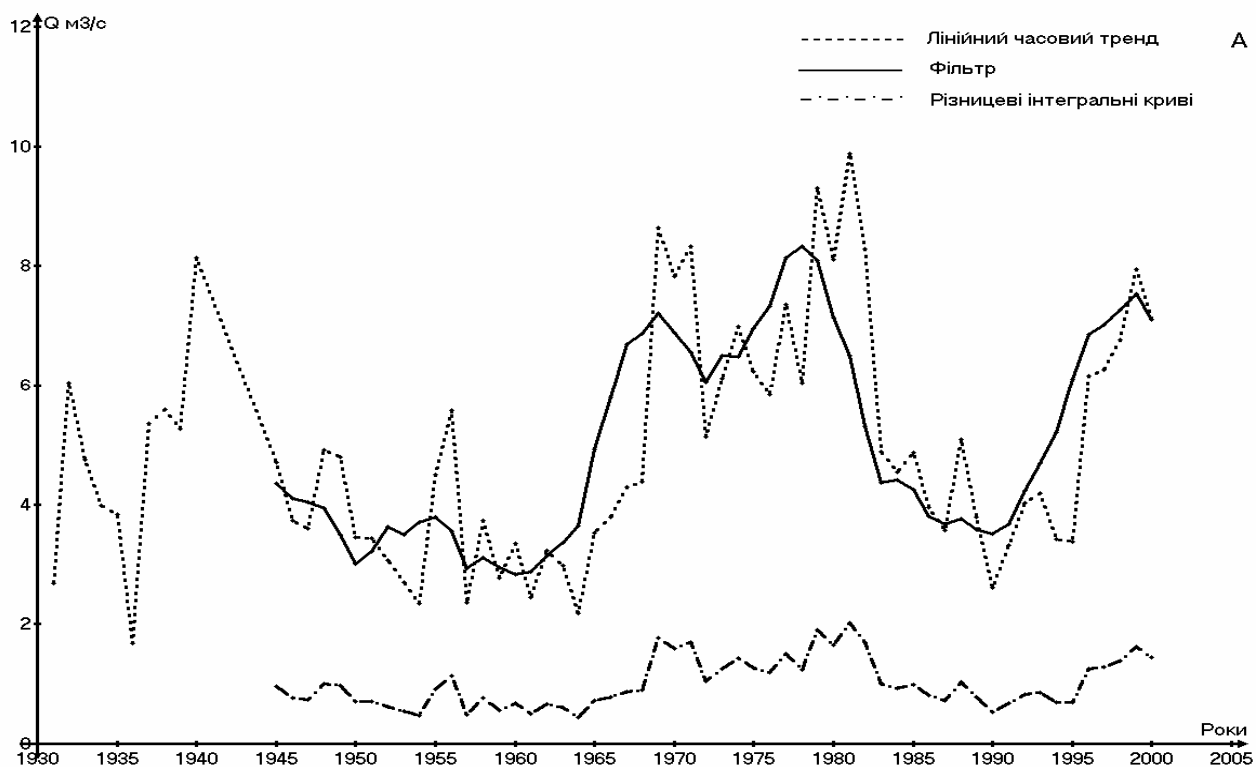


Рис.1. Багатолітній згладжений хід А) середньорічних витрат р.Смотрич-с.Цибулівка, Б) максимальнорічних витрат р.Жванчик-с.Кугаївці

Значення основного параметра тренду α_t , а відповідно, і висновки, що пропонуються про зміни стоку головним чином залежать від того який

період спостережень розглядається. Метод придатний лише власне для якісного аналізу коливань стоку за багатолітній період, адже навіть відсутність будь-якого тренду в рядах стоку не може з повною достовірністю говорити про те, що його коливання не піддаються впливу господарської діяльності людини.

При наявності ряду спостережень за стоком вдається встановити початок змін антропогенного походження в часових рядах стоку і навіть приблизно оцінити їх величину побудовою інтегральної хронологічної кривої стоку і інтегральних графічних зв'язків стоку і опадів у вигляді:

$$\sum_1^n Y = \psi(t), \quad (2)$$

де $\sum_1^n Y$ - наростаюча сума значень стоку від початку спостережень за кожен рік. Останнє дозволяє виявити за характером їх злому (зміни кута нахилу до осі абсцис) два періоди: природного режиму стоку та порушеного [12], тобто такого, що формується при направленій зміні умов стокоутворення в басейні.

Для всіх опорних пунктів в 58 басейнах приток Дністра, площі водозборів яких змінюються від 70 до 3170 км², шляхом побудови хронологічних сумарних кривих стоку і графічних зв'язків між інтегральними величинами стоку і опадів вдалось виділити час, коли стокові величини спотворюються руйнуванням природних компонентів басейну.

Для південного макросхилу Поділля період спотворення інтегральної кривої модулів стоку припадає на 1966-1976рр., для решти басейнів приток Дністра - 1973-1979рр. Інтегральні криві опадів показують квазістаціонарну статистичну норму опадів, що випала для періоду переходу від природного до порушеного режиму стоку (рис 2).

Таким чином, суттєве порушення природного режиму почалось після 1960-1970рр. В цей час в Україні високими темпами проводилась меліорація земель. Так, площа осушення в порівнянні з 1960р. збільшилась в 2-5 раз, площа водної поверхні водосховищ і ставків України зросла у 5,2 рази, повний об'єм – у 8,5 разів. Як свідчить аналіз літературних джерел, на даний час штучні водойми регулюють близько 22,5% середньорічного стоку, що формується в межах України [2]. Вказаний період є характерним майже для всієї України, так як він співпадає з різким ростом зрошуваних земель, збільшенням заборів води на потреби населення, промисловості і сільського господарства, будівництвом штучних водойм для регулювання стоку з метою зменшення дефіциту води. Вже до 1960р. площа водного дзеркала ставків і малих водосховищ збільшилась в 2 рази, а їх об'єм, майже в 3 рази в порівнянні з 1950р., а до 1983-1986рр. – в 5-8 раз. Безумовно, що всі ці заходи, в результаті, вплинули на умови формування стоку річок [14].

При наявності одного чи кількох факторів господарської діяльності досить корисним є перевірка ряду спостережень на однорідність із застосуванням статистичних критеріїв однорідності; тим більш вона

необхідна при відсутності інформації щодо масштабів розвитку господарської діяльності на водозборах.

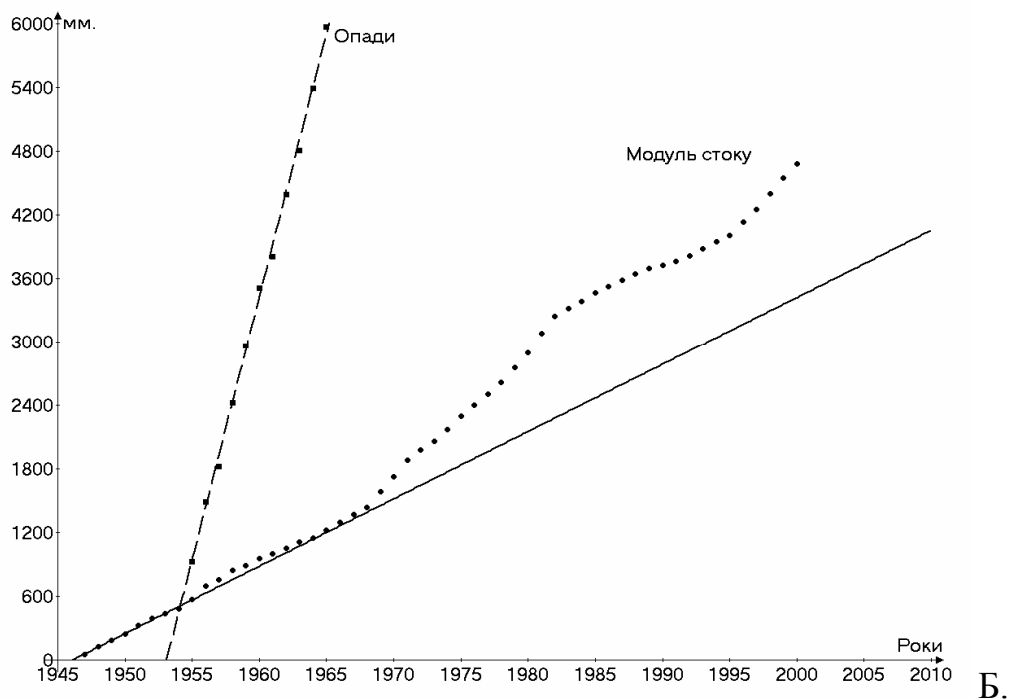
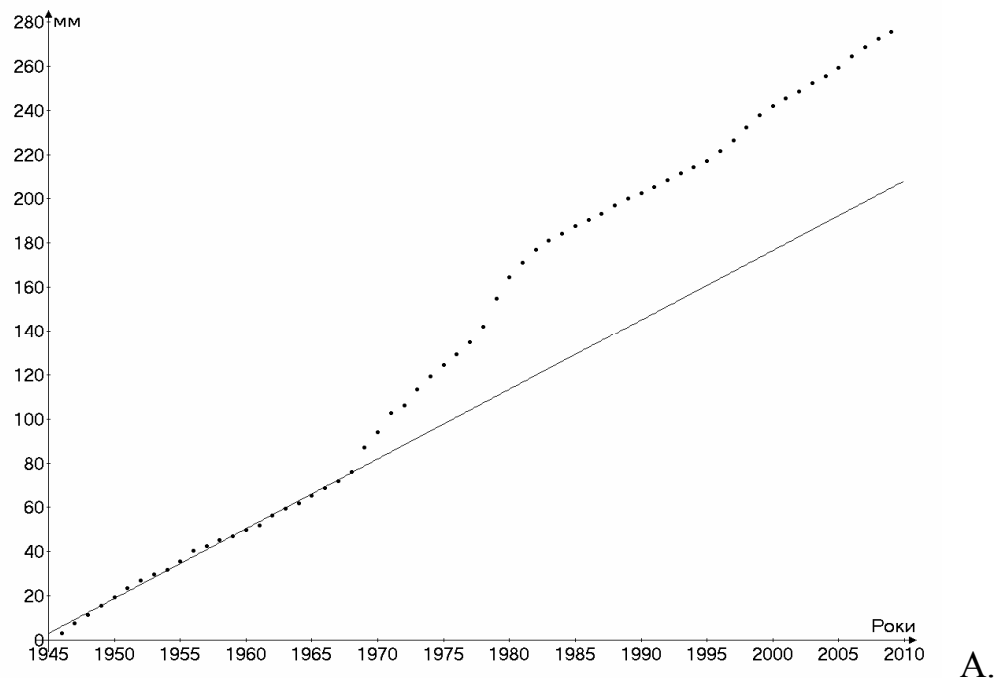


Рис.2. Інтегральні криві модуль стоку та опадів А – р.Ушиця-с.Зіньків, Б – р.Жванчик-с.Кугаївці

Оцінка однорідності рядів гідрометричних спостережень здійснюється на основі генетичного аналізу умов формування річкового стоку шляхом виявлення причин, обумовлюючих неоднорідність вихідних даних спостережень. При необхідності кількісної оцінки однорідності даних спостережень застосовують статистичні критерії однорідності середніх

значень і дисперсій з врахуванням внутрішньорядних і міжрядних кореляційних зв'язків [7, 9, 10].

В роботі використана програма “STATISTIKA”, що дозволило автоматично провести процедуру розрахунку кореляційної матриці та її трансформації. Отримані дані показали, що між рядами даних, виділених двох періодів (І та ІІ), усіх гідрологічних створів існують кореляційні зв'язки, причому, за шкалою Чеддока показник тісноти зв'язку високий у двох випадках – р.Верещиця–м.Комарно (-0,73) і р.Свіж–Букачевці (-0,76), та помітний у п'яти випадках – р.Коропець-с.Коропець (0,55), р.Стрипав-х.Каплинці (0,63), р.Серет-сmt.Велика Березовиця (-0,59), р.Серет-м.Чортків (-0,65), р.Збруч-с.Завалля (-0,52), для решти гідрологічних значень – показник помітний та слабкий. Кращі показники тісноти зв'язку характерні для басейнів Подільських приток Дністра.

При оцінці однорідності гідрологічних рядів досить часто використовуються стандартні параметричні критерії Стюдента (метод t -випробувань) для встановлення відмінностей середніх значень двох вибірок і критерій Фішера (метод F -розподілень) для перевірки рівності дисперсій двох вибірок. Використання цих критеріїв потребує довгих рядів вибірок, знань, щодо характеру розподілу випадкових величин, великого об'єму розрахунків.

Найбільш широке застосування для розрахунку однорідності рядів гідрологічних спостережень знаходять так звані непараметричні критерії однорідності. Перевагою їх є те, що вони не потребують передчасного виявлення типу кривої розподілу досліджуваних величин і їх параметрів і можуть застосовуватись та дають гарні результати навіть при коротких вибірках, що дуже важливо для вивчення впливу господарської діяльності на гідрологічний режим. На практиці використовуються різні непараметричні критерії: Колмогорова-Смірнова, статистика Террі, Вількоксона і ін. Найчастіше для оцінки впливу антропогенного навантаження на річний і сезонний стік застосовують ранговий критерій Вількоксона [9,10].

Статистичні критерії однорідності не дозволяють дати кількісну оцінку минулих антропогенних змін стоку – з їх допомогою фіксується прояв та сам час виявлення тренду ряду і початок (в окремих випадках), коли виникла часова неоднорідність виникла. Якщо ряд нестационарний, то цілком ймовірно, що його коливання спричинені господарським впливом людини.

Саме тому, була зроблена спроба оцінити статистичну внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, тобто виявити чи суттєво відмічаються антропогенні зміни, що відбувалися в басейнах рік в період так званого зламу інтегральної кривої модуля стоку [5]. Розглянуто дані багаторічних середньорічних витрат води 36 гідрологічних постів басейнів приток Дністра, в яких проявляється спотворення інтегральної кривої модулів стоку. В результаті отримано наступні результати: за критерієм Фішера в 33,3% випадків виявлено неоднорідність рядів (25% - для басейнів Подільських приток, 8,3% - для решти басейнів), по критерію Стюдента в 44,4% (36,1% проти 8,3% аналогічно попередньому), за критерієм Вількоксона в 47,2%

(36,1% проти 11,1%), у 19,4% випадків спостерігається абсолютна неоднорідність гідрологічних рядів спостережень (16,6% проти 2,8%). Як видно з аналізу більша внутрішньорядна неоднорідність характерна для Подільських приток Дністра. Існування антропогенного навантаження в даному регіоні досліджень можливо й позначилось на статистичній неоднорідності гідрологічних рядів даних.

Аналіз побудованих інтегральних кривих середньорічних модулів стоку для 55 гідрологічних постів показує, що час спотворення кривої для подільських приток Дністра відрізняється від часу характерного для приток верхів'я Дністра. Так, для першої території це 1968-1969рр. для іншої 1979-1980рр. Визначення часу спотворення інтегральної кривої максимальної річної витрати води показало, що для всієї території досліджень характерним є кілька періодів зламу. Разом з тим, чітко та найбільше виділяються два інтервали часу: 1968-1969 рр. та 1979-1980 рр.

Зроблено спробу визначити кількісні зміни водного режиму, порівнюючи основні його показники за періоди непорушеного (I) і порушеного (II) стоку. Для більшості опорних річок шляхом побудови хронологічних сумарних кривих модулів стоку вдалось визначити коефіцієнти зміни середньорічного модуля стоку та максимальних витрат води (середніх, найбільших, найменших багатолітніх) басейнів приток Дністра. Отримані результати показують, що у 4 з 55 випадків відбувається збільшення багаторічного середньорічного модуля стоку. Щодо максимальних річних витрат, то тут є деякі особливості як збільшення так і зменшення значень по досліджуваній території. Так, в басейнах подільських приток Дністра середнє $Q_{\max}$ зменшується у 18 випадках проти 4, для решти території у 12 випадках спостерігається збільшення, а в 11 – зменшення показника. Щодо максимального $Q_{\max}$, то у 15 випадках спостерігається зменшення проти 8 для території верхів'я Дністра, для подільських приток у 12 випадках зменшується $Q_{\max}$ проти 10 випадків збільшення. Найменше $Q_{\max}$ зменшується у 16 гідропостах проти 7 у верхів'ї Дністра, для решти території у 18 випадках зменшення показника проти 4 випадків збільшення.

Збільшення всіх 4 показників спостерігається лише в одному випадку на гідрологічному пості р. Рожанка - с. Ружанка.

Аналіз побудованих інтегральних кривих модулів стоку та максимальних річних витрат води показав, що на 9 гідропостах з 55 виділяється лише один період спотворення кривої 1989-1990рр.

Разом з тим, зміни в гідрологічному режимі можуть бути викликані змінами клімату. Досить важливими та цікавими в цьому напрямку є дослідження в роботі [2]. За його дослідженнями додатні відхилення температури повітря від кліматичної норми в Україні почали проявлятися з 80-х років минулого століття. Але для окремих одиниць ландшафтно-гідрологічного районування межа цього переходу є різною. У північному, західному та центральному регіонах України він відбувся наприкінці 70-х початку 80-х років XX століття. Графічний аналіз дає підставу виділити початок періоду сучасного потепління в межах України (1988-1989 рр.).

Важливим аргументом, щодо вибору початку періоду сучасного потепління є те, що він чітко проявляється на значній території. Аналогічні результати було отримано деякими російськими та білоруськими вченими [2].

Висновки. Циклічність, в тому числі і багатолітніх максимальних витрат не має ідеальної синусоїдальної форми. Ступінь статистичної неоднорідності ряду (зміна кута нахилу інтегральної кривої стоку) та тренди за багатолітній період, підтверджують певні аномалії в рядах.

На протязі 5-10 років і навіть більше спостерігаються періоди з винятково високою чи низькою природною водністю, які при малому об'ємі вибірки спричиняють статистичну неоднорідність рядів.

Тому, наведений аналіз дозволяє передбачити масштаби можливих антропогенних змін максимального стоку, час виникнення цих змін та визначити відповідні тенденції змін певних параметрів максимальних витрат.

Список літератури:

1. Гопченко Є. Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Є. Д. Гопченко. – К. : КНТ, 2005. – 188 с.
2. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
3. Денисов В. М. Методика определения максимальных расходов воды и объемов стока дождевых паводков для малых водосборов / В. М. Денисов, А. В. Пак // Метеорология и гидрология. – 2009. – №12. – С. 65-76.
4. Иманов Фарда Али. Многолетние колебания максимального стока горных рек / Иманов Фарда Али, Гасанова Наилия Имран // Уч. записки РГГУ. – 2009. – №9. – С. 40-45.
5. Левыкин Ю. Программа для расчета статистических характеристик, используемых в гидрологии / Ю. Левыкин. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.geodigital.ru/soft_hydr/StokStat 1.2.
6. Лобанов В. А. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов / В. А. Лобанов, В. Н. Никитин // Метеорология и гидрология. – 2006. – №11. – С. 60-69.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
8. Рождественский А. В. Определение расчетных характеристик максимального стока с использованием индивидуальной информации и региональных зависимостей / А. В. Рождественский, В. А. Лобанов // Водные ресурсы. – 2005. – 1. – С. 5-12.
9. Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М. : Госстрой России, 2003. – 73 с.
10. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1985. – 36 с.
11. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек / И. А. Шикломанов. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 302 с.
12. Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И. А. Шикломанов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.
13. Явкін В. Г. Оцінка модулів максимального стоку в басейнах подільських приток Дністра за подовженими рядами спостережень / В. Г. Явкін, А. А. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 50-58.
14. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования / А. В. Яцык. – К. : Генеза, 1997. – 640 с.
15. Kundzewicz Z.W., Robson A. (2000) Detecting trend and other changes in hydrological data. World Meteorological Organization Report WMO/TD-No 1013, Geneva, May, 2000.
16. Svensson C., Kundzewicz Z.W., Maurer T. (2004) Trends in flood and low flow hydrological time series. WMO/TD-No. 1241, 44 pp.

Чинники зміни параметрів максимального стоку (на прикладі басейну Дністра)
Явкін В.Г., Мельник А.А.

Досліджено лінійні часові тренди для багатолітніх рядів спостережень за нормою стоку, багатолітній згладжений хід середньорічних та максимальних витрат води річок в басейні Дністра, побудовано хронологічні сумарні криві стоку. Розраховано кореляційні матриці та її трансформації, оцінено статистичну внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, визначено кількісні зміни водного режиму.

Ключові слова: різниці інтегральні криві; гідрологічний режим однорідність.

Факторы изменения параметров максимального стока (на примере бассейна Днестра)

Явкин В.Г., Мельник А.А.

Исследованы линейные временные тренды для многолетних рядов наблюдений за нормой стока, многолетний сглаженный ход среднегодовых и максимальных расходов воды рек в бассейне Днестра, построены хронологические суммарные кривые стока. Рассчитаны корреляционные матрицы и ее трансформации, оценено статистическую внутрирядную однородность гидрологических рядов, определены количественные изменения водного режима.

Ключевые слова: разностные интегральные кривые; гидрологический режим; однородность.

Factors modified maximum flow (for example, the Dniester basin)

Yavkin V.G., Melnik A.A.

Linear time trends for perennial series of observations of the normal flow, long-adjusted average annual course and maximum water flow of rivers in the basin of the Dniester, built chronological summary curves flow. Calculated the correlation matrix and its transformation, assessed statistical homogeneity vnutrishnoryadnu hydrological series, The quantitative changes of water regime.

Keywords: difference integral curves, the hydrological regime; uniformity.

Надійшла до редколегії 02.11.2011

УДК 556.537

Пасічник М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

АНАЛІЗ МІСЦЕВИХ УМОВ РУСЛОФОРМУВАННЯ РІЧКИ ЧЕРЕМОШ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ІНСТРУМЕНТАРІЮ

Ключові слова: аналізу місцевих умов руслоформування, ГІС-інструментарій, база даних, річка Черемош

Актуальність. У руслознавстві широко застосовують уяви та положення про те, що зі змінами характеру долини вздовж течії річки корелюють особливості руслоформування. Поряд із цим впливають крупні допливи, локальні, але потужні джерела надходження наносів, інші чинники. Їх систему можна назвати місцевими чинниками руслоформування. Аналіз їх змін вздовж течії та у часі дає можливість судити про особливості розвитку русел та заплав. Зокрема це стосується і виділення референтних та антропогенних умов.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

Традиційні методи руслознавчого аналізу у теперішній час видозмінюються, оновлюються, трансформуються, доповнюються за рахунок застосування комп'ютерних технологій, нових приладів, обладнання, джерел інформації. У зв'язку із цим актуально проводити відповідні дослідження місцевих чинників руслоформування і, зокрема, умов дна річкових долин, формуючи водночас відповідну базу даних.

Мета і завдання. Провести аналіз просторової структури дна долини річки Черемош із застосуванням ГІС-інструментарію для об'єктивного виявлення змін та особливостей умов руслоформування.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Розробити алгоритм дослідження (аналізу), розкрити методичні та технічні особливості його реалізації при застосуванні ГІС-інструментарію;
- Сформувати базу даних характеристик дна долини р. Черемош;
- Проаналізувати просторову структуру рельєфу та гідросітки дна річкової долини з метою виявлення та характеристики однорідних ділянок вздовж течії (переважно в референтних умовах);
- Виділити територіально цілісні референтні одиниці дна річкової долини в геоінформаційній системі.

Огляд існуючих досліджень. У геологічному, тектонічному, геоморфологічному, загальногеографічному відношеннях басейн та долина р. Черемош вивчаються ще з XVIII століття. Стосовно діяльності водних потоків, річок та її морфологічних наслідків цікаво звернути увагу на працю С. Bratescu [16] (рис. 1). Ним була створена карта терасових поверхонь основних річок регіону Передкарпаття. У руслознавчому відношенні вона дає інформацію про особливості місцевих умов розвитку русел, дії бічних обмежень. На карті видно долину Пра-Черемошу «Багна» та стінку у бік долини сучасного Сірету. Це вказує на давнє річкове перехоплення та його наслідки. Також видно єдність терасових рівнів Черемошу і Рибниці, загальну будову долин регіону.

Долини річок та факти, що вказують на зміни річкової сітки активно вивчались геоморфологами після Другої Світової війни. В той час було звернуто увагу на розповсюдженість у Передкарпатті алювіальних рівнин. В. В. Онищук та А. Н. Кафтан досліджували алювіальне середовище та створили карту середніх діаметрів руслоформуючих наносів. Також дослідженнями руслового алювію річки Черемош займались науковці Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича В. М. Опеченик та Л. В. Костенюк .

Картина геологічної будови, тектонічних процесів, геоморфології даної території достатньо досліджена. Важливим є сучасне узагальнення, зроблене Я.С. Кравчуком [2, 3] стосовно річкових долин.

На основі сучасних уявлень про геоморфологію Карпат і Передкарпаття, а також геогідроморфологічного напрямку руслознавчих досліджень, О.В. Паланичко розробила питання ролі сучасних алювіальних рівнин [4] і створила серію відповідних карт. Інші руслознавчі дослідження виконані В.Г. Смирновою, З.М. Швець та Л.В. Горшеніною (Костенюк). Ними розглянуті



Рис. 1. Фрагмент геоморфологічної карти С. Bratescu [16].

питання структури та динаміки заплавно-русових комплексів, а також палеогідрологічних руслознавчих комплексів на прикладі невеликої ділянки, що характеризується достатньо вільним розвитком процесів меандрування.

У роботі В. Г. Явкіна, А. О. Кирилюка та М. В. Цепенди розглянуто важливе питання антропогенного впливу на русло, а саме – врізання річки у зв'язку з відбором алювію для потреб будівництва [15].

Ще одним важливим аспектом досліджень р. Черемош (та інших річок Карпат) є питання, пов'язані з розвитком екологічної мережі і, зокрема, з річковими екологічними коридорами. Вони розроблені лише в першому наближенні [1, 10, 12] і потребують подальшого поглиблення.

Основні результати дослідження. Згідно основних завдань пропонуємо наступний узагальнений алгоритм дослідження (рис.2):

Згідно наведеного алгоритму нами проведено формування бази даних р. Черемош та її долини на ділянці течії від м. Вижниця до гирла. База даних включатиме, як картографічний матеріал, так і інформацію про поздовжні та поперечні профілі. При цьому виникла необхідність вирішити деякі методичні та технічні питання.

Робота по створенню бази даних виконувалась на основі ГІС-інструментарію настільного типу програмного забезпечення компанії ESRI Ltd., а саме – продукту (візуалізатора) Arc View 9.3 for Windows.

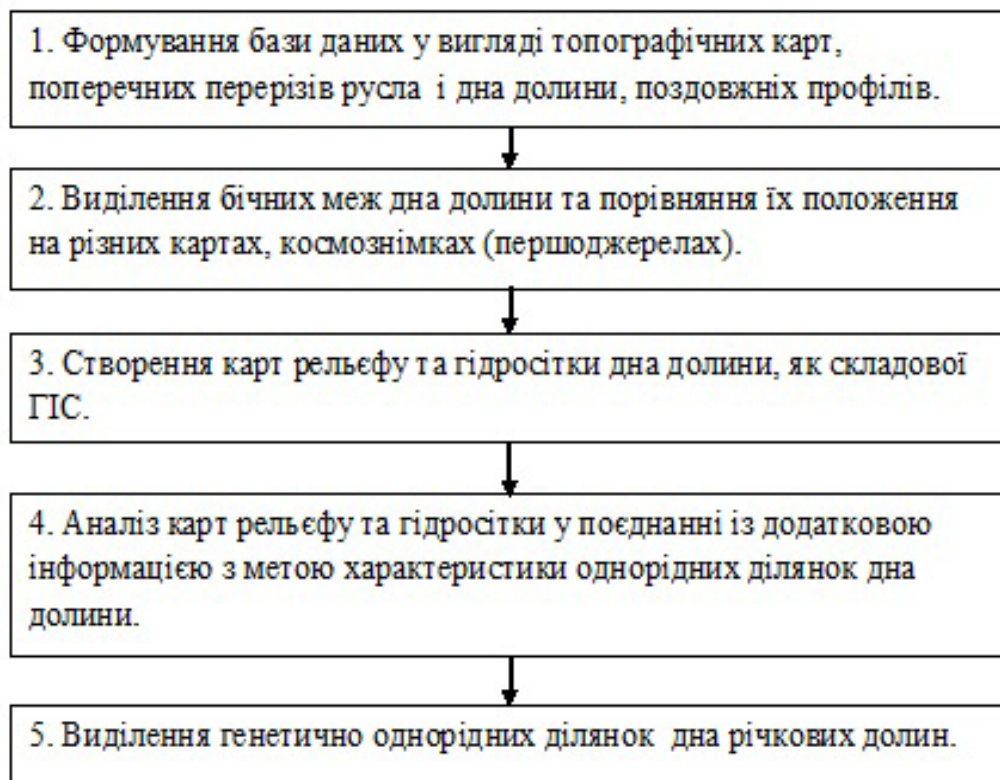


Рис. 2. Узагальнений алгоритм дослідження

ГІС-технології дають можливість повною мірою скористатись наявним картографічним матеріалом для річки Черемош. Растрові дані, які були використані нами для створення картографічної частини бази даних, це – карти австро-угорського періоду 1890-1909 рр (1:150000) та 1905 р. (1:75000); польські карти 1932-33 рр. (1:100000); карти Генерального штабу 1948 р. (1:25000), 1972-73 рр. та початку 80-х років (1:50000), 1977, 2001, 2006 років (1:100000). Також були опрацьовані дані дистанційного зондування (ДДЗ) – космознімки Google Earth.

Слід зауважити, що введення карт в базу даних передбачає процес географічної прив'язки, тобто безпосереднього визначення та присвоєння координат для кожної точки растрової поверхні. Прив'язка була більш точною, якщо розглядалися не дуже довгі ділянки долини. Результати порівняння показали, що найменш точним є репрезентування місцевості на карті австро-угорського періоду. На окремих ділянках відхилення могли досягати 40-60 метрів. На більшості ж вони становили 10-30 метрів. Для сучасних карт ГІС-інструментарій показує відхилення до 4-5 метрів, що значно краще, ніж базова точність відображення ліній на карті 1:100000. Тому приймаємо основний діапазон похибок приблизно 10-30 метрів. Слід також зауважити, що генезис цих похибок пов'язаний як з особливостями відображення місцевості на різних картах, так і з похибками методу, в тому числі й суб'єктивними (оскільки карти прив'язувались та опрацьовувались вручну).

Топографічні карти масштабу 1:25000 і 1:50000, горизонталі і гідросітка яких відображені більш детально, були прийняті за основу при реалізації

даного вишукування. Для перевірки та порівняння інформації також використовувались карти 1:100000.

База даних включає також поздовжні та поперечні профілі створені, як на основі польових, так і картографічних вишукувань. Вони будувались нами з допомогою графічного програмного забезпечення Advanced Grapher версії 2.2 та вносились в базу даних. Їх точність обмежувалась лише вихідними даними.

Частина профілів створювалась на основі карт масштабу 1:25000 та 1:50000. Перепад висот відображається на них ізолініями, та складає 2,5 та 5 метра відповідно – що свідчить про наближену точність самих поперечників. Але картографічні дані можна доповнити експедиційними, оскільки були зняті показники GPS координат польових зйомок, що робить доступним можливість побудови суміщених поперечників всієї долини річки з допомогою ГІС-методів.

Після формування бази даних нами розглянуто питання встановлення бічних меж дна долини.

Геоморфологічна ситуація в межах дна долини з початку 90-х років XIX століття ще не була значно антропогенізована, а референтні умови відображались ще до початку 70-х років XX століття.

Аналіз структури дна долини р. Черемош починається з виділення його бічних меж на картах і даних дистанційного зондування (ДДЗ) з допомогою процесу векторизації, який передбачає створення лінії обмеження. Особливості виділення меж залежать від типу карт і властивостей космознімку. На топографічних картах перехід від більш плоского дна долини до схилів видно через згущення горизонталей. Тому перш за все лінія проводилась на ділянках, де такий перехід чітко виражений, з урахуванням, що її відносні висоти не перевищують 13-15 метрів та включають II терасу [2]. Також враховуємо ділянки гирл допливів. На інших частинах карти вона проводиться узгоджено з отриманими орієнтирами. На старих картах, виконаних способом штриховки, межа дна долини і схилу як правило вже позначена, нам потрібно лише провести відповідну межу. Використання даних ДДЗ у дослідженні території передбачає їх попереднє дешифрування. Індикаторами в природному середовищі є рельєф, гідросітка та рослинність, а в антропогенному – шляхи сполучень, гідротехнічні споруди та населені пункти з особливостями їх забудови та інше. На основі візуального методу, беручи до уваги, що фотографічна модель місцевості зберігає геометричні, тонові та інші ознаки обрисів ландшафту, визначена межа між дном та іншою частиною долини річки на ДДЗ.

Після відображення меж на різних першоджерелах проводилось порівняння їх положення (оверлейний аналіз). Слід зауважити, що результати порівняння враховують точність прив'язки карт.

З метою більшої зручності та чіткості аналізу геоморфологічних умов місцевості можна використовувати відомий дослідницький прийом який полягає у виділенні тільки потрібної інформації, тобто у створенні відповідної карти (рис. 3). Для цього було векторизовано ізогіпси та гідро-

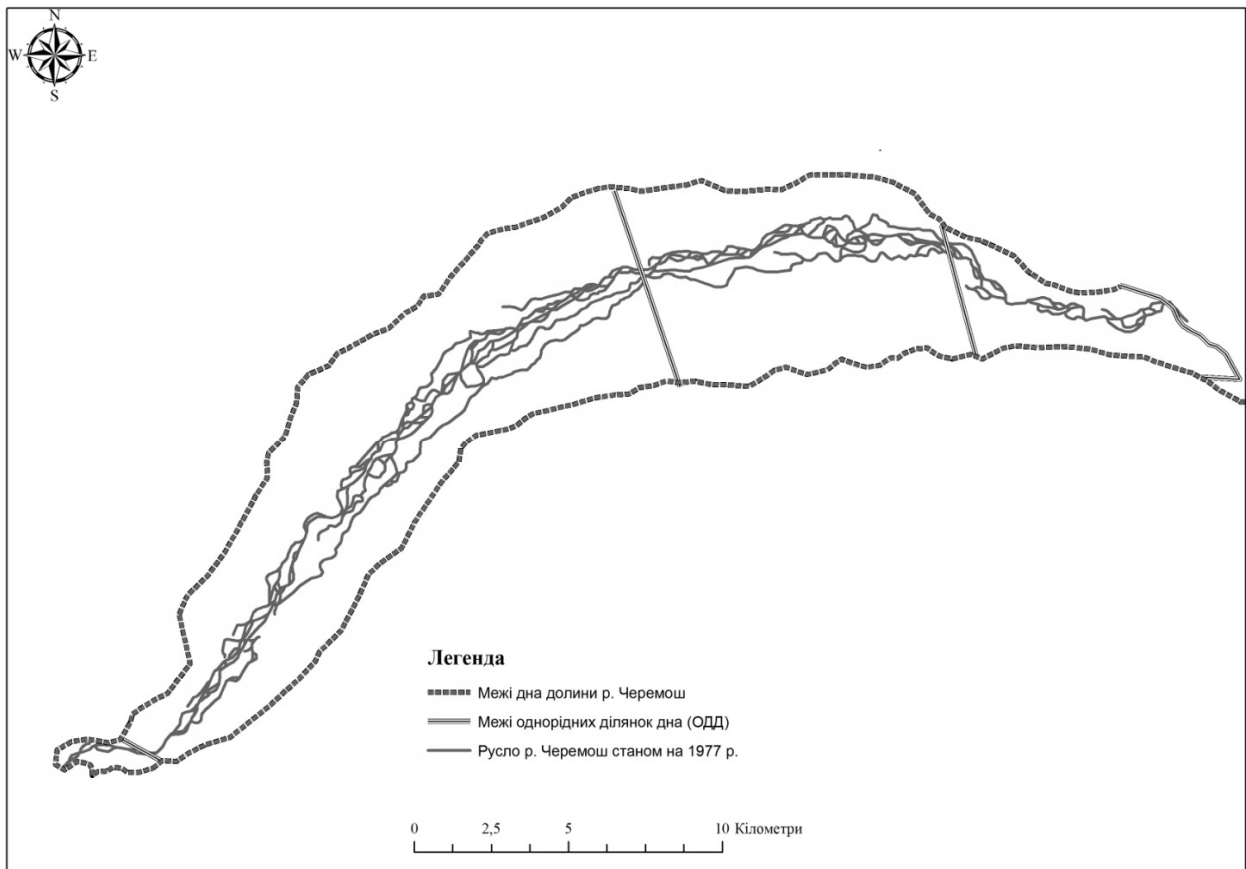


Рис. 3. ГІС-модель дна долини р. Черемош та його однорідних ділянок

сітку на більш детальних картах (1:25000 та 1:50000). Таким чином, нові, створені нами карти відображали лише необхідну для опрацювання інформацію: межі дна долини, особливості рельєфу та гідросітку дна долини. Також векторизовані дані дали можливість будувати 3D-моделі дна долини річки. Це дозволило в автоматичному режимі будувати як поперечні, так і поздовжні профілі з точністю, яка обмежена лише вихідною інформацією (масштабом та детальністю карти).

Слід відмітити, що аналіз одразу ведеться за певними відомими чи орієнтовно виділеними характерними ділянками дна долини. Він дає змогу поглибити, уточнити, деталізувати уяви про них. Процес виділення генетично однорідних ділянок дна річкових долин є доволі складним і не піддається повній формалізації. Спробуємо описати найбільш важливі, на нашу думку, методичні підходи, критерії, ознаки.

Очевидно, що долина річки віддзеркалює особливості тектоніки та геологічної будови території, оскільки система потік-русло впродовж тривалого часу функціонування реагує на дію цих чинників. Тому на початку аналізу використовується поєднання відомої геоморфологічної інформації про досліджувану територію та формальних ознак (розширення та звуження дна долини, характерні зміни загального напрямку течії річки, асиметрія розташування смуги руслоформування тощо). На основі цього намічаються характерні ділянки дна у першому наближенні. Далі проводиться поглиблений аналіз їх будови, просторової структури із використанням

створеної бази даних, карт рельєфу і гідросітки, додаткової інформації. Аналіз виконується за наступним орієнтовним планом: 1) найбільш яскраво виражені, загальні риси рельєфу (малюнок ізогіпс); 2) відносні висоти у поперечних перерізах, виражені площини та уступи; 3) характерні особливості поздовжнього профілю та їх пояснення; 4) малюнок гідросітки, асиметрія положення річки, основні відмінності вздовж ділянки; 5) короткий висновок про загальні риси ділянки, її розвиток, дію системи потік-русло, генезис.

На річці Черемош розширення дна долини з'являється в межах м. Вижниця. Воно має лійкоподібну форму, гострою стороною якої ніби врізується в бік гір. Подібний вигляд мають також ізогіпси дна долини. Ширина алювіальної долини у верхній частині Вижниці становить 450м, за течією – поступово збільшується до 750-900, а нижче гирла р. Виженка розширюється до 1 – 1,2 км. Особливістю дна долини на даній ділянці є S-подібна конфігурація, чітко виражений перехід до схилів долини та крутіший правий борт на початку м. Вижниця і нижче гирла р. Виженка. У верхній частині ділянки заплава ще слабо виражена, але нижче за течією її вже можна простежити (відносні висоти становлять 0,6-0,8 м). Урвистий лівий берег з відносними висотами понад 5м обрамлює алювіальну рівнину на більшій її частині. Правий берег на цій ділянці більш пологий, терасований з відносними висотами 3,5 - 5 м та шириною від 150 до 600 метрів. В гирлі р. Виженка формується вирівняна алювіальна площадка шириною від 200 до 500 м та довжиною понад 0,7 км, положення якої приблизно співпадає з орографічною межею гір. Між заплавою і терасою на окремих ділянках можна виділити території з проявами молодшої тераси висотою 2-2,5 м. Імовірно це висока заплава. Поздовжній профіль плавний без будь яких різких відхилень. Русло немає значних розгалужень, переважно сконцентроване. Наявні кілька алювіальних островів. Смуга руслоформування, як і долина, описує S-подібний вигин, таким чином оминаючи останнє перед виходом з гір підвищення на якому знаходяться села Кути і Старі Кути. При цьому притиснення смуги руслоформування спочатку має правобічний характер. Надалі за рахунок оминання підвищення змінюється на лівобічне, і повертається до правобічного перед гирлом р. Виженка. Річка розвинула дану ділянку дна долини фактично в межах орографічної межі гір за рахунок особливостей місцевих тектонічних умов.

На наступній за течією ділянці долини (в напрямку від Вижниці до с. Банилів) малюнок ізогіпс стає більш плавним, вирівняним, їх форма з лійкоподібної поступово переходить до трапецевидної. Спочатку борти долини більш круті, але в бік від орографічної межі гір поступово виположуються. Лівий берег річки більш крутий, що притаманно для річок Передкарпаття. Умовна лінія яку можна провести по урвистому лівому берегу ділить дно долини на дві маже рівновеликі частини, що відрізняються за абсолютними висотами (на 2-5 метрів) та морфологічною будовою. Ліва частина дна долини менш еродована, посічена та вище піднята над руслом річки. Ширина дна долини на відрізку від Вижниці до Черногузів

нерівномірно збільшується від 1,8 до 4,5 км (значною мірою за рахунок лівобічної низької тераси). Надалі у зв'язку з остаточним віддаленням від гір відбувається наступне поступове розширення дна долини до 6 - 6,5 км. Поперечні перерізи показують, що низька заплава має відносні висоти 0,6-1 метр. Висока заплава – 1,5 - 2 метри відповідно. На ділянці річки від Старих Кутів до Слобідка висота лівого берега залишається значною. Правий – більш пологий, з добре вираженими ознаками розвитку Черемошу в минулому. Основна частина поздовжнього профілю досить вирівняна що відповідає загальним характеристикам даної ділянки дна долини. Виділяються тільки 2 невеличкі сходинки, які корелюють із: перша (в межах села Черногузи) різким розширенням дна долини вліво нижче Старих Кутів; друга - поворотом смуги руслоформування між селами Мілієве та Банилів. Розташування сучасного русла і смуги руслоформування в межах дна долини на всій ділянці характеризується відсутністю значної асиметрії (хоча зліва від них розвинута більш висока тераса до уступу якої вони притиснуті). Біля села Банилів вони плавно повертають праворуч. Гідросітка даної ділянки долини утворена Черемошем, протоки якого майже повністю охоплюють алювіальну рівнину. Глинниця і Коритниця є основними допливами. Річки Рибниця та Черемош (біля села Рибне) мають суміжні алювіальні долини та протікають ні відстані 3 км одна від іншої. Але перша є допливом Пруту. Дана ділянка характеризується крутим підмитим лівим берегом, підвишеним над розвинутою рівниною алювіальною.

Наступна ділянка дна долини, що відрізняється певними особливостями рельєфу і будови розташована між с. Слобода-Банилів та смт. Вашківці. Ізолінії тут поступово змінюють трапецевидний малюнок на більш плавний. Відсутні значні перепади відносних висот між правим та лівим берегами. Ширина дна долини коливається від 6 до 6,5 км. Ділянка відносно прямолінійна. Аналіз поперечних перерізів показав, що заплава формується на висоті 0,6 - 1 м над урізом річки. Висока заплава має висоти 1,5 – 2 м. Поздовжній профіль плавний, що відповідає загальним характеристикам даної ділянки дна долини. Сучасне русло і смуга руслоформування розташовані переважно під лівим бортом долини. Ступінь асиметрії поступово збільшується за течією. На фоні низької тераси правого берега виділяються поздовжні і поперечні елементи гідросітки. Зокрема правобічні допливи Бережонка та Глибочок переважно мають поперечний напрямок течії. В минулому можна відмітити існування довгої правобічної протоки подібної до млинівок. Вона віддалена від основного русла на 400 – 900 метрів. Загалом можна відмітити що у тектонічному відношенні дана ділянка досить цілісна, і система потік-русло мала можливість відносно рівномірно відкладати наноси і формувати рельєф. Це могло відбуватися як за рахунок плавних планових переміщень, так і за рахунок стрибкоподібних перекидань річкового потоку в межах смуги руслоформування. Слобода-Банилівська ділянка характеризується поворотом ділянки зумовленого тектонічним підняттям між долинами Рибниці, Черемошу та Пруту з лівобічним підтисненням смуги руслоформування.

Нижче смт. Вашківці розташована перед гирлова і гирлова ділянка р. Черемош. Тут дно долини з'єднувалось з Прутським. Імовірно за рахунок тектонічного підняття у межиріччі Черемошу, Рибниці та Пруту місце злиття поступово зсувалося вниз за течією (на схід). Лівобічний вододіл і межа дна проведені дещо умовно із врахуванням конфігурації ізогіпси та малюнком місцевої гідрографічної сітки. Ширина дна долини Черемошу порівняно з попередньою ділянкою зменшується до 3 – 2 км. На початку ділянки смуга руслоформування відходить від лівого борту долини і знаходиться в центральній частині дна. У референтних умовах приблизно від с. Чорторія до р. Прут існувала яскраво виражена внутрішня дельта Черемошу, яка ніби відтісняла русло Пруту до лівого берега. Висоти заплави на даній ділянці досягають 1,5 – 2 м. Власне в межах розгалужень русла низька заплава має відносні висоти приблизно 0,5 метра. Чорторійсько-гирлова ділянка є територією з'єднання з дном долини р. Прут, розвитку гирлового подовження та внутрішньої дельти.

Висновки.

– Доцільно використовувати узагальнений алгоритм для дослідження дна річкових долин, що передбачає наступні пункти: а) формування бази даних; б) виділення бічних меж дна долини; в) створення карти рельєфу та гідросітки дна долини; г) аналіз рельєфу та гідросітки; д) виділення генетично однорідних ділянок дна долини.

– Створена база даних на основі карт та космознімків (за більш ніж 120 річний період), експедиційних досліджень, гідрологічної інформації дозволила достатньо детально вивчити особливості будови, просторової структури дна долини р. Черемош, зробити висновки про її поділ на відносно однорідні ділянки.

– Виділеної однорідні ділянки дна долини р. Черемош (Вижницьку, Іспаську, Слобода-Банилівську та Чорторійсько-гирлову).

Список літератури

1. Коржик В. До питання долинно-річкових коридорів національної екомережі (на прикладі Чернівецької області) / В. Коржик // Річки і долини. Природа – ландшафти – людина : Зб.наук.праць. – Чернівці – Сосновець, 2007. – С. 154-163. 2. Кравчук Я. С. Геоморфологія Передкарпаття / Я. С. Кравчук. – Львів : Меркатор, 1999. – 188 с. 3. Кравчук Я. С. Геоморфологія Скибових Карпат / Я. С. Кравчук. – Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 232 с. 4. Паланичко О. В. Закономірності руслоформування річок Передкарпаття: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / О. В. Паланичко. – К., 2010. – 22 с. 5. Пасічник М. Д. Тенденції антропогенних змін русла та заплави Верхнього Сірету / М. Д. Пасічник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 2(23). – С. 63-74. 6. Природа Українських Карпат : [ред. К. І. Геренчук]. – Львів : Вид-во Львівського ун-ту, 1968. – 265 с. 7. Природа Чернівецької області : [ред. К. І. Геренчук]. – Львів : Вища школа, 1978. – 159 с. 8. Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні дослідження руслоформування річок Передкарпаття / Ю. С. Ющенко, О. В. Паланичко // Наук. записки Вінницького держ. пед. ун-ту ім. М. Коцюбинського. Серія Географія. – 2009. – Вип. 18. – С. 17-25. 9. Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел / Ю. С. Ющенко – Чернівці : Рута, 2005. – 320 с. 10. Ющенко Ю. С. Екомережа Чернівецької області і гідроморфологічні дослідження річок / Ющенко Ю. С., Горшеніна Л. В., Кирилюк А. О. //

Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних проблем екологічної безпеки : Мат. П'ятої міжнар. наук. конф. (Чернівці, 5-6 тр. 2006 р.). – Чернівці : Зелена Буковина, 2006. – С. 422-425. **11.** Руслознавчі аспекти сталого розвитку (на прикладах передкарпаття) / [Ю. С. Ющенко, А. О. Кирилук, Ю. В. Караван та ін.] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія : Матеріали П'ятої Всеукр. наук. конф. (Чернівці, 22-24 вер. 2001 р.) – Чернівці, 2011. – С. 302-305. **12.** Ющенко Ю. С. Черемоський річковий геоекологічний коридор / Ю. С. Ющенко // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Серія Географія. – 2007. – Вип. 361. – С. 74-81. **13.** Ющенко Ю. С. Руслознавчо-гідрологічні аспекти розвитку річкових геоекологічних коридорів / Ю. С. Ющенко, М. Д. Пасічник // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Сер. Географія. – 2011. – Вип. 553-554. – С. 21–26. **14.** Ющенко Ю. С. Складові методики формування руслознавчої бази даних для управління основними річками Чернівецької області / Ю. С. Ющенко, М. Д. Пасічник // Карпатська конференція з проблем охорони довкілля : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (15-18 тр. 2001 р.) – Мукачєво-Ужгород, 2011.- С. 177-178. **15.** Явкін В. Г. Розвиток базису ерозії басейну Пруту, Черемошу та Сірету / Явкін В. Г., Кирилук А. О., Цепенда М. В. // Річки і долини. Природа – ландшафти – людина : Зб.наук.праць. – Чернівці – Сосновець, 2007. – С. 258-266. **16.** Bratescu, C. (1928) Einige quartäre und imminente Flussanzapfungen in der Bukowina und in Pakutien. Bul. fac. de stiint. din Cernauti, V.II.

Аналіз місцевих умов руслоформування річки Черемош із застосуванням ГІС-інструментарію

Пасічник М.Д.

Стаття присвячена вивченню та аналізу місцевих умов руслоформування річки Черемош із застосуванням ГІС-інструментарію. Для детального аналізу був відібраний картографічний матеріал більш як за 120 років та створена база даних. У руслознавчому відношенні р. Черемош вивчена ще недостатньо. Оpubліковано лише декілька праць, присвячених різним аспектам цієї проблеми, проте узагальнення поки-що відсутні.

Ключові слова: аналізу місцевих умов руслоформування, ГІС-інструментарій, база даних, річка Черемош.

Анализ местных условий руслоформирования реки Черемош с использованием ГИС-инструментария

Пасичник Н.Д.

Статья посвящена изучению и анализу местных условий руслоформирования реки Черемош с использованием ГИС-инструментария. Для детального анализа был отобран картографический материал более чем за 120 лет. В русловедническом отношении р. Черемош изучена еще недостаточно. Опубликовано лишь несколько трудов, посвященных различным аспектам этой проблемы. Но обобщение пока-что отсутствуют.

Ключевые слова: анализ местных условий руслоформирования, ГИС-инструментарий, база данных, река Черемош.

Analysis of local conditions river-bed formation of Cheremosh river using GIS tools

Pasichnyk M.D.

The article is developed to the study analysis of local conditions river-bed formation of Cheremosh river using GIS tools. For detailed analyses was taken some cartographic material more than for 120 years and established database. The Cheremosh is studied in a riverbed relation not yet. Field works is very important for study identical parts.

Keywords : analysis of local conditions river-bed formation, GIS tools, database, Cheremosh river.

Надійшла до редколегії 08.11.2011

Бібік В.В.¹, Винарчук О.О.², Лук`янець О.І.², Хільчевський В.К.²,

¹Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ХАРАКТЕРИСТИКА СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНІВ СУЛА, ПСЕЛ, ВОРСКЛА

Ключові слова: середній, максимальний, мінімальний річний стік; внутрішньорічний розподіл стоку; середній, максимальний, мінімальний стік по сезонам

Постановка питання. Більша частина гідрологічних досліджень в останні роки присвячена річкам західних регіонів України. Значні запаси води, що формуються в їх басейнах в певні фази водного режиму призводять до значних матеріальних збитків, технічних руйнувань, а подекуди це може спричиняти й катастрофічні наслідки. Річки західних регіонів України мають одні з найбільших показників за рівнем потенційного розвитку малої гідроенергетики, що в подальшому позитивно вплине на розбудову економіки нашої країни. Однак, незважаючи на потенційну економічну привабливість таких річок, не слід забувати, що й рівнинні річки мають не менший, а подекуди і набагато більший потенціал у використанні їх водних ресурсів. Це обумовлено більш стійким розподілом стоку в році, простішими умовами будівництва і експлуатації будь-яких споруд і комплексів на них.

Дана робота була присвячена вивченню особливостей гідрологічного режиму лівобережних приток середньої течії Дніпра, а саме річок басейнів Сула, Псел, Ворскла, які є головними джерелами водних ресурсів для Полтавської і південної частини Сумської областей, відіграють значну роль у відновленні водноенергетичного потенціалу річок лівобережної частини середнього Подніпров'я. До того ж в межах басейнів цих річок розташовані 74% водосховищ і 70% ставків цих областей, на них припадає 75% зарегульованого об'єму води в даному регіоні.

А зважаючи на той факт, що на протязі досить довгого проміжку часу для річок цих басейнів не проводилось детальних досліджень їх стану то ця робота є **актуальною**.

Аналіз попередніх досліджень. Перші систематичні гідрологічні дослідження на річці Дніпро датуються початком XIX століття під орудою Йосипа Жилінського у рамках Західної експедиції з осушення боліт. Наприкінці XIX століття були зроблені перші узагальнення щодо гідрології Дніпра, почато вивчення окремих річкових басейнів (М. І. Максимович). Починаючи, з 30-х років XX століття відбувається стрімкий розвиток гідрологічної науки в Україні, що стимулює вивчення гідрологічних особливостей головної водної артерії України та її приток, починається

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

реалізація плану «комплексного використання водних ресурсів Дніпра» (Є. В. Оппоков, А. В. Огієвський, В. О. Назаров). У повоєнний час постало питання водопостачання великих промислових центрів, розвитку масштабного гідротехнічного та меліоративного будівництва, розробка протиаварійних заходів, створення прогностичних систем. Цими питаннями займалися А. В. Огієвський, С. М. Перехрест, В. І. Мокляк, Й. А. Железняк Й. А., Швець Г. І., Вишневський П. Ф., Онуфрієнко Л. Г., А. М. Бефані. В подальшому дослідженню гідрологічних особливостей Дніпра та його приток присвячена значна частина праць відомих українських науковців (В. К. Хільчевський, В. В. Гребінь, О. Г. Ободовський, О. І. Лук'янець, С. С. Дубняк та ін.).

Потрібно відзначити, що проблемі вивченості басейну річки Дніпро присвячено значну кількість як теоретичних так і практичних досліджень. Так особливу увагу потрібно приділити авторам [4–6], які досліджували водогосподарські аспекти використання вод цього басейну, [11, 12, 14] – ландшафтно-гідрологічний аналіз, [25–28] – вивчення гідрохімічних властивостей річки Дніпро та її приток, [13, 30, 31] – дослідження руслових процесів. До праць які безпосередньо присвячені досліджуваному регіону на теперішній час належать роботи В. К. Хільчевського, П. С. Лозовіцького, В. В. Пилип'юк, В. О. Волянського, Я. О. Мольчак, В. А. Овчарук, які розкривають гідрологічні і гідрохімічні аспекти річок даного району. У працях [1–3, 16, 22, 24] гідрохімічні особливості даного регіону подаються у контексті з річками всієї України, [9, 10, 17] – гідрологія річок України, у тому числі і річки басейну Сула, Псел та Ворскла.

Метою є вивчення гідрологічного режиму лівобережних приток середнього Подніпров'я та виявленню основних закономірностей у його часовому і просторовому розподілі.

Об'єктом дослідження є річки Сула, Псел, Ворскла та їх притоки, предметом досліджень є їхній гідрологічний режим.

Завдання полягає у вивченні на зазначених річках середнього, максимального, мінімального стоку води за багаторічний період, виявленні характеру багаторічних змін і просторово-часової мінливості по кожному з видів стоку, встановленні основних закономірностей у внутрішньорічному стоці та його перерозподілі по сезонам року у багаторічному розрізі, дослідженні стоку води річок при значному антропогенному навантаженні і при референтних умовах.

За вихідні дані було використано матеріали спостережень за витратами води на річках у басейнах рр. Сула, Псел, Ворскла сформована по 16 гідрологічним постам.

Було проведено розрахунки по середньому, максимальному і мінімальному річному стоку (табл.1).

Побудовано різницеві інтегральні криві, на підставі яких було виділено переломні моменти у фазах водності для басейнів річок Сула, Псел та Ворскла та проведено дослідження динаміка середніх, максимальних і мінімальних витрат по сезонам року та внутрішньорічного розподілу стоку.

Таблиця 1. Основні гідрологічні характеристики річок у басейнах рр. Сула, Псел, Ворскла

Річка – гідрологічний пост	Площа водозбору, км^2	Середня багаторічна а витрата $\text{м}^3/\text{с}$ води, $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальна багаторічна витрата $\text{м}^3/\text{с}$ води, $\text{м}^3/\text{с}$	Мінімальна багаторічна витрата $\text{м}^3/\text{с}$ води, $\text{м}^3/\text{с}$	Середній багаторічний об'єм стоку, млн. м^3	Середній багаторічний модуль стоку, $\text{л}/\text{с}$ км^2	Максимальний модуль стоку, $\text{л}/\text{с}$ км^2	Мінімальний модуль стоку, $\text{л}/\text{с}$ км^2
Сула-Зеленівка	427	1,47	161	0,02	46,35	3,44	377	0,047
Сула-Ромни	4020	9,66	540	0,13	304,63	2,4	134	0,032
Сула-Лубни	14200	29,47	537	0,85	929,36	2,08	37,8	0,06
Ромен-Ромни	1650	3,27	91	0,05	103,12	1,98	55,2	0,03
Удай-Прилуки	1520	4,3	104	0,02	135,60	2,83	68,4	0,013
Перевід-Сасинівка	745	1,27	24,9	0,02	40,05	1,7	33,4	0,027
Сліпорід- Олександрівка	527	0,75	37,6	0,006	23,65	1,42	71,3	0,011
Оржича-Маяківка	1950	3,44	103	0,26	108,48	1,76	52,8	0,133
Псел-Суми	7770	23,93	943	1,75	754,65	3,08	121	0,225
Псел-Гадяч	11300	34,74	1010	1,04	1095,56	3,07	89,4	0,092
Псел-Запідля	21800	51,79	906	0,33	1633,24	2,38	41,6	0,015
Хорол-Миргород	1740	3,76	250	0,002	118,57	2,16	144	0,001
Голтва-Міхновка	1560	5,84	206	0,004	184,17	3,74	132	0,003
Ворскла- Чернетчина	5790	15,97	768	0,24	503,62	2,76	133	0,041
Ворскла-Кобеляки	13500	33,77	842	1,61	1064,97	2,5	62,4	0,119
Мерла-Богодухів	309	0,75	55,5	0,003	23,65	2,43	180	0,01

Результати дослідження. За різницевиими інтегральними кривими середніх багаторічних витрат води було встановлено, що для більшості створів починаючи з кінця 80-х років минулого століття починається маловодна фаза із поступовим зменшенням кількісних показників середніх річних витрат (рис.1).



Рис. 1. Різницеві інтегральні криві середніх річних витрат води

Якщо проаналізувати різницеві інтегральні криві максимального стоку для замикальних постів на річках Сула, Псел, Ворскла (рис.2), то чітко спостерігається тенденція до зменшення максимальних річних витрат води з 1988 року.

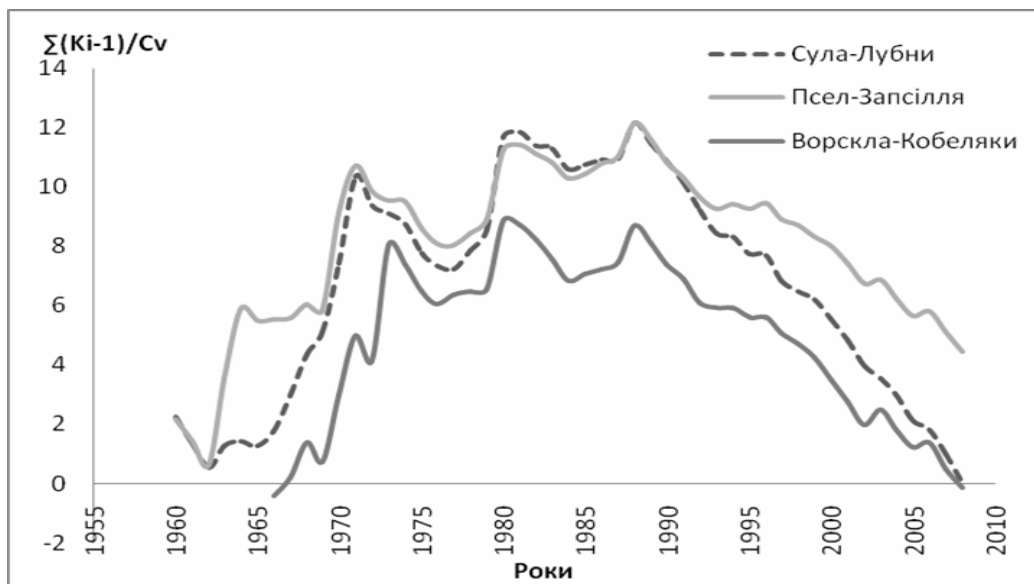


Рис.2. Різницеві інтегральні криві максимальних річних витрат води

Проте мінімальний стік води по створам р. Сула – м. Лубни, р. Псел – Запсілля, р. Ворскла – Кобеляки мають тенденцію до збільшення в останні десятиліття (рис. 3). Потрібно відмітити, що момент у фазі водності (до багатоводної) мінімальних витрат води - 1979 р. Для всіх інших створів на цих річках та їх притоках він починається в період з 1978 р. по 1981 р.

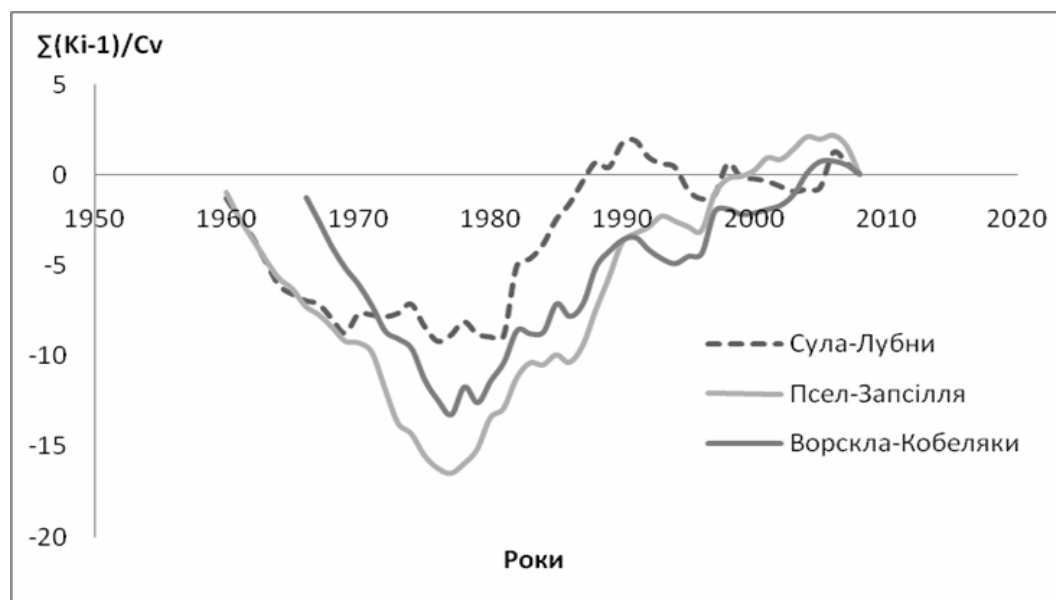


Рис.3. Різницеві інтегральні криві мінімальних річних витрат води

В узагальненій табл. 2 показано зміни у фазах водності для середнього, максимального і мінімального стоку в басейнах річок Сула, Псел, Ворскла.

Таблиця 2. Терміни настання фаз водності для середнього, максимального і мінімального стоку в басейнах річок Сула, Псел, Ворскла

Річка – гідрологічний пост	Середні багаторічні витрати води, м ³ /с	Максимальні багаторічні витрати води, м ³ /с	Мінімальні багаторічні витрати води, м ³ /с
Сула-Зеленівка	1988 ↓	1988 ↓	1978 ↑
Сула-Ромни	1988 ↓	1988 ↓	1990 ↑
Сула-Лубни	1988 ↓	1988 ↓	1991 ↑
Ромен-Ромни	1990 ↓	1988 ↓	1995 ↑
Удай-Прилуки	1977 ↑	1971 ↓	1981 ↑
Перевід-Сасинівка	1997 ↑	1971 ↓	1981 ↑
Сліпорід-Олександрівка	1977 ↑	1981 ↓	1979 ↑
Оржиця-Маяківка	2000 ↓	1988 ↓	1995 ↑
Псел-Суми	1993 ↓	1988 ↓	1979 ↑
Псел-Гадяч	1998 ↓	1971 ↓	1979 ↑
Псел-Запсілля	1989 ↓	1988 ↓	1977 ↑
Хорол-Миргород	1988 ↓	1988 ↓	1981 ↑
Голтва-Міхновка	1988 ↓	1988 ↓	1976 ↑
Ворскла-Чернетчина	1988 ↓	1988 ↓	1977 ↑
Ворскла-Кобеляки	1988 ↓	1988 ↓	1979 ↑
Мерла-Богодухів	1976 ↑	1988 ↓	1979 ↑

На основі побудови різницевих інтегральних кривих по середнім річним витратам води було встановлено, що переломний момент у фазах водності для річок досліджуваного регіону починається у 1989 році, тому на основі цих розрахунків в подальших дослідженнях було виділено два розрахункових періоди: до 1989 року і після (1989-2008 рр.).

В цілому для усіх постів на усіх річках (11 річок) досліджуваних басейнів є характерним зменшення максимальних витрат води, незалежно від фізико-

географічних умов та розташування басейнів. Водночас спостерігається досить чітке зростання мінімального стоку за весь період спостережень. Середній багаторічний стік у більшості випадків має тенденцію до незначного зменшення, в ряді випадків майже не змінився і тільки в поодиноких випадках зріс (рис. 4–6).

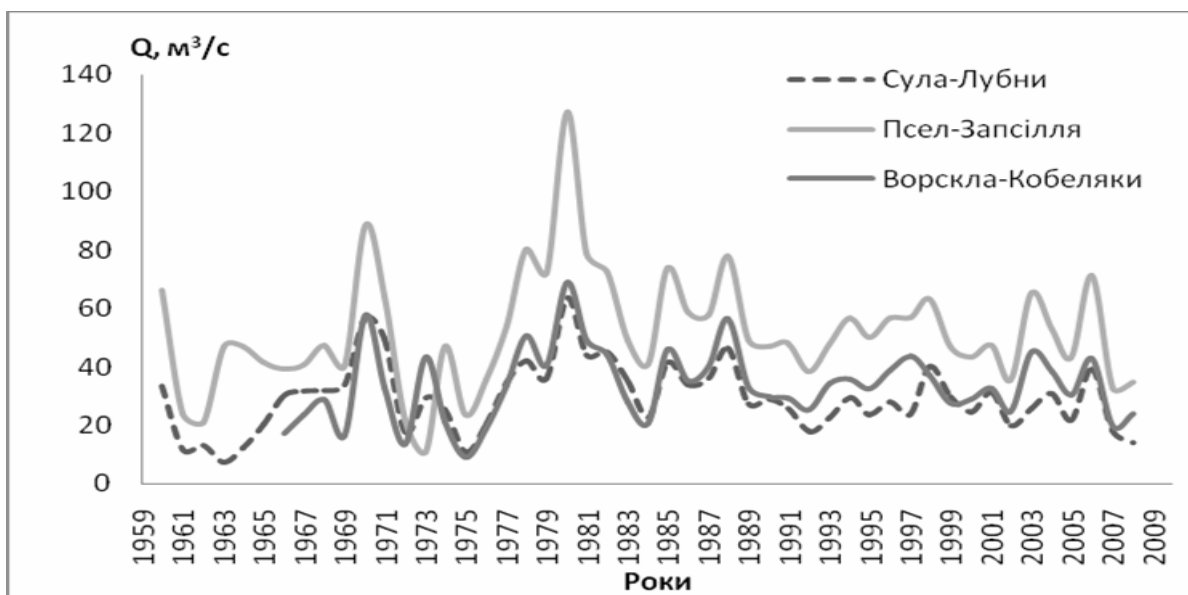


Рис.4.Хронологічний графік середніх річних витрат води, м³/с

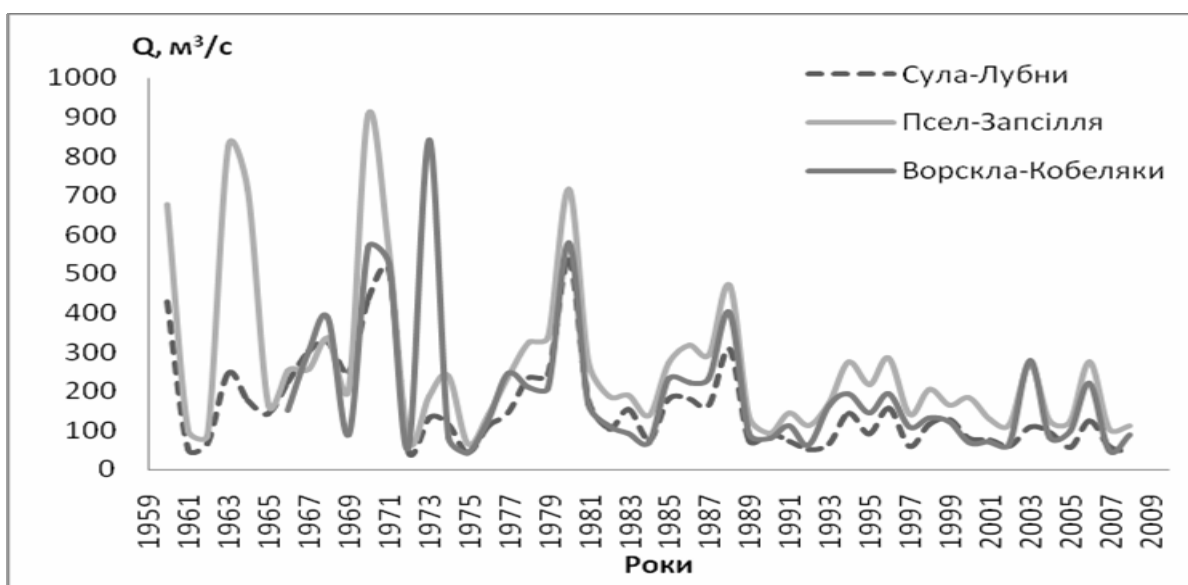


Рис.5. Хронологічний графік максимальних річних витрат води, м³/с

Такі, особливості часового розподілу стоку свідчить про перерозподіл та вирівнювання його показників в часовому перебігу - тобто на фоні зменшення максимальних витрат води відбувається збільшення мінімального стоку протягом року. Було встановлено ряд закономірностей у розподілі річного стоку кожної річки трьох басейнів (Сула, Псел, Ворскла). Відповідні зміни відображені у (табл.3).

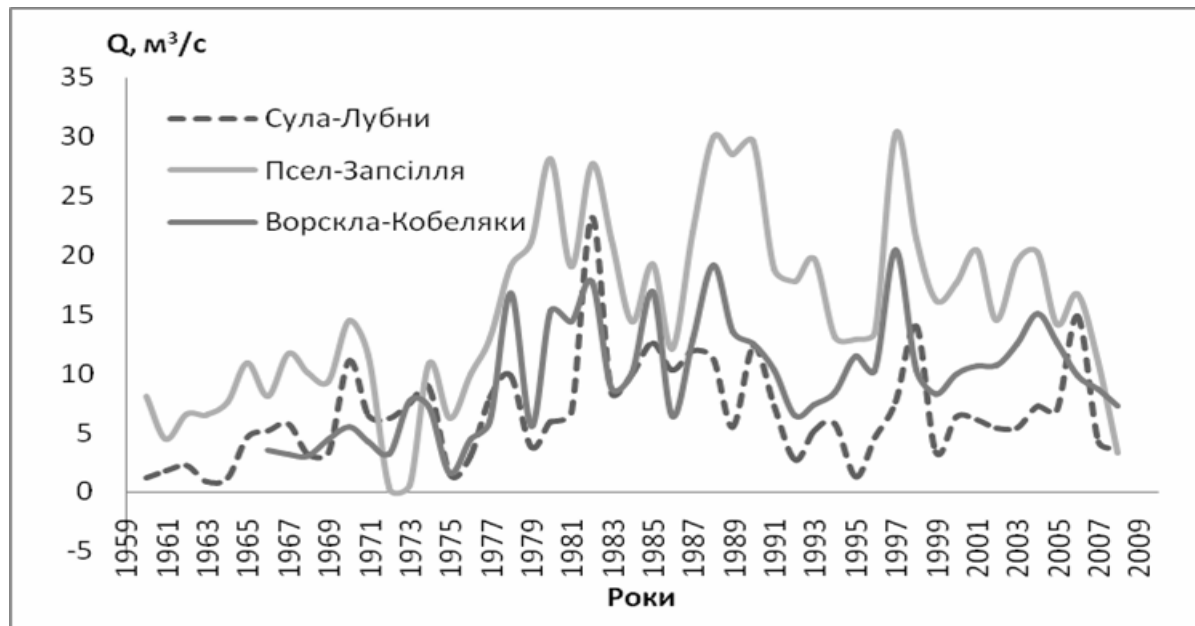


Рис. 6. Хронологічний графік мінімальних річних витрат води, м³/с

Таблиця 3. Динаміка середніх, максимальних і мінімальних річних витрат води в м³/с за відповідні періоди

Річка – гідрологічний пост	Qсер,м³/с		Qmax,м³/с		Qmin,м³/с	
	Період 1960-89 рр.	Період 1989-2008 рр.	Період 1960-89 рр.	Період 1989-2008 рр.	Період 1960-89 рр.	Період 1989-2008 рр.
Сула-Зеленівка	1,55	1,33	51,85	18,39	0,16	0,21
Сула-Ромни	10,94	7,63	147,48	51,65	1,39	1,87
Сула-Лубни	31,55	26,16	206,56	89,21	6,55	6,71
Ромен-Ромни	3,53	2,96	35,57	15,61	0,3	0,61
Удай-Прилуки	3,92	4,8	33,02	22,44	0,39	0,95
Перевід-Сасинівка	1,16	1,43	7,35	5,38	0,18	0,25
Сліпорід-Олександрівка	0,71	0,84	10,84	7,62	0,09	0,17
Оржиця-Маяківка	3,51	3,36	27,01	10,92	0,8	1,02
Псел-Суми	25,3	21,98	309,47	126,03	8,44	12,39
Псел-Гадяч	35,37	34,39	315,2	139,24	8,18	11,94
Псел-Запсілля	53,31	50,2	322,97	170,93	13,78	17,39
Хорол-Миргород	3,96	3,54	64,27	21,98	0,53	1,09
Голтва-Міхновка	6,99	4,16	73,73	41,28	0,2	0,31
Ворскла-Чернетчина	17,05	14,34	236,5	94,32	2,3	2,94
Ворскла-Кобеляки	34,61	32,7	250,4	122,48	8,83	10,69
Мерла-Богодухів	0,69	0,86	16,22	7,7	0,09	0,15

Для річок усіх трьох басейнів для середніх витрат води по різницеvim інтегральним кривим, починаючи з 1988 року, у весняний період, спостерігається початок маловодної фази, яка йде аж до нашого часу. Виключенням є притоки з незначними площами водозборів, на яких переломні моменти настають у період 1971-1976 рр..

Для літньо-осіннього періоду, починаючи з 1976-1979 років, спостерігається багатоводна фаза, що добре узгоджується із хронологічними графіками за цей же період побудованих для літньо-осіннього сезону.

Виключенням є малі притоки річки Сула де переломні моменти спостерігаються у 1986-90-х рр.

Для зимового сезону відмічено, в більшості випадків настання багатоводної фази для середніх витрат води починаючи з 1977-79 рр. Виключенням є деякі притоки головних річок, де переломні моменти розпочинаються у 90-х р. Усе вищевикладене відображено в табл.4.

Таблиця 4. Настання фаз водності по середнім витратам води за досліджуваний період

Річка – гідрологічний пост	Весна	Літо - осінь	Зима
Сула-Зеленівка	1988 ↓	1976 ↑	1977 ↑
Сула-Ромни	1988 ↓	1976 ↑	1982 ↓
Сула-Лубни	1988 ↓	1976 ↑	1979 ↑
Ромен - Ромни	1988 ↓	1979 ↑	1984 ↑
Удай-Прилуки	1976 ↑	1981 ↑	1996 ↑
Перевід - Сасинівка	1971 ↓	1986 ↑	1996 ↑
Сліпорід-Олександрівка	1993 ↑	1979 ↑	1992 ↑
Оржиця-Маяківка	1988 ↓	1993 ↑	1982 ↓
Псел-Суми	1988 ↓	1979 ↑	1979 ↑
Псел - Гадяч	1988 ↓	1979 ↑	1979 ↑
Псел-Запсілля	1988 ↓	1976 ↑	1977 ↑
Хорол-Миргород	1988 ↓	1976 ↑	1977 ↑
Голтва - Міхновка	1989 ↓	1979 ↑	1977 ↑
Ворскла-Чернетчина	1988 ↓	1976 ↑	1977 ↑
Ворскла-Кобеляки	1988 ↓	1976 ↑	1977 ↑
Мерла-Богодухів	1976 ↑	1979 ↑	1993 ↑

За результатами побудови різницевих інтегральних кривих по максимальних витратах в даному регіоні було встановлено, що починаючи з 1988 року (басейн Сули і басейн Ворскли) і 1971 (малі притоки річки Сула і басейну р. Псел) спостерігається різке зменшення максимальних витрат води весняного періоду і настає маловодна фаза.

У літньо-осінній сезон більша половина створів (переважно басейнів річок Псел і Ворскла) починаючи з кінця 60-х початку 70-х років мають тенденцію до збільшення максимальних витрат води, а в басейні р. Сула, навпаки до зменшення.

Щодо значень зимового періоду було встановлено, що періоди настання переломних моментів після яких починається маловодна фаза настають або на початку 70-х років, або на початку 80-х років, якщо ж мова йде про збільшення максимальних витрат то це починається переважно у 70-х роках (табл. 5).

Для весняного періоду переломний момент, після якого відбувається збільшення мінімального стоку, припадає на 1980 р.

Літньо-осінні значення мінімальних витрат води починають збільшуватись на головних річках у 1976 році, а на притоках в кінці 80-х на початку 90-х років. Переломні моменти, після яких починається зростання мінімального стоку для всього регіону (окрім приток Сули), настають у 1977-1981 рр. (табл. 6).

Таблиця 5. Настання переломних моментів у фазах водності по максимальним витратам води

Річка – гідрологічний пост	Весна
Сула-Зеленівка	1988 ↓
Сула-Ромни	1988 ↓
Сула-Лубни	1988 ↓
Ромен - Ромни	1988 ↓
Удай-Прилуки	1971 ↓
Перевід - Сасинівка	1971 ↓
Сліпорід-Олександрівка	1981 ↓
Оржиця-Маяківка	1986 ↓
Псел-Суми	1971 ↓
Псел - Гадяч	1971 ↓
Псел-Запсілля	1971 ↓
Хорол-Миргород	1971 ↓
Голтва - Міхновка	1971 ↓
Ворскла-Чернетчина	1988 ↓
Ворскла-Кобеляки	1988 ↓
Мерла-Богодухів	1988 ↓

Таблиця 6. Настання фаз водності по мінімальним витратам води за відповідні періоди

Гідрологічні пости	Літо - осінь	Зима
Сула-Зеленівка	1976 ↑	1979 ↑
Сула-Ромни	1976 ↑	1979 ↑
Сула-Лубни	1976 ↑	1979 ↑
Ромен - Ромни	1986 ↑	1984 ↑
Удай-Прилуки	1981 ↑	1996 ↑
Перевід - Сасинівка	1981 ↑	1996 ↑
Сліпорід-Олександрівка	1980 ↑	1979 ↑
Оржиця-Маяківка	1995 ↑	1981 ↓
Псел-Суми	1979 ↑	1979 ↑
Псел - Гадяч	1979 ↑	1979 ↑
Псел-Запсілля	1979 ↑	1977 ↑
Хорол-Миргород	1976 ↑	1979 ↑
Голтва - Міхновка	1976 ↑	1979 ↑
Ворскла-Чернетчина	1976 ↑	1977 ↑
Ворскла-Кобеляки	1977 ↑	1977 ↑
Мерла-Богодухів	1975 ↑	1981 ↑

Побудова хронологічних графіків розподілу середніх витрат води по кожному сезону показала для усіх 16 постів зменшення середніх витрат води для весняного сезону, подекуди в 1,5-2 рази. В той же час, в літньо-осінній період на більшості гідрологічних постах спостерігається збільшення середніх витрат води. Витрати води в період зимової межені мають динаміку як до збільшення, так і до зменшення. В табл. 7 показані зміни за два періоди (період 1960-89 рр. та період 1989-2008 рр.) середніх витрат води по сезонах по кожному з басейнів річок Сула, Псел, Ворскла.

Таблиця 7. Зміна за два періоди середніх витрат води по сезонах в м³/с

Річка – гідрологічний пост	Весна		Літо-осінь		Зима	
	Період 1960-89	Період 1989-2008	Період 1960-89	Період 1989-2008	Період 1960-89	Період 1989-2008
Сула-Зеленівка	3,67	2,61	0,75	0,81	1,06	1,1
Сула-Ромни	25,37	17,37	5,29	3,87	7,83	5,51
Сула-Лубни	75,11	56,92	14,22	13,55	22,91	20,93
Ромен - Ромни	7,98	6,09	1,82	1,71	2,5	2,31
Удай-Прилуки	9,34	10,97	1,77	2,55	2,81	3,49
Перевід - Сасинівка	2,31	2,09	0,7	1,18	0,93	1,29
Сліпорід-Олександрівка	1,48	1,53	0,31	0,42	0,72	0,88
Оржиця-Маяківка	6,17	4,82	2,13	2,81	3,61	3,0
Псел-Суми	54,45	32,76	14,73	18,66	17,3	16,93
Псел - Гадяч	45,77	62,23	25,48	23,88	20,5	25,13
Псел-Запсілля	118,8	96,53	27,14	30,1	37,96	38,09
Хорол-Миргород	10,31	7,62	1,7	2,0	2,13	2,19
Голтва - Міхновка	19,49	10,06	0,86	1,32	6,41	3,59
Ворскла-Чернетчина	38,53	29,96	8,42	8,43	12,83	10,16
Ворскла-Кобеляки	71,79	60,42	19,84	22,15	26,99	26,07
Мерла-Богодухів	1,58	1,55	0,34	0,51	0,48	0,8

Оскільки максимальний стік в цілому зменшується, а основна його частина припадає на весняне водопілля, то є зовсім не дивним той факт, що у внутрішньорічному розподілі, у весняний період максимальні витрати води по всіх створах зменшуються, подекуди в 2-2,5 рази, а інколи в 4 рази.

Усе, вище сказане, наводить на думку, що розподіл максимальних витрат води по сезонах підтверджує зменшення їх багаторічних значень максимальних. Тобто, у максимальних річних значеннях стоку спостерігається динаміка до їх зменшення, а досягається вона шляхом перерозподілу водності в році (зниження весняних максимумів, зростання літньо-осінніх, а також переважне зменшення зимових показників максимальних витрат води).

Систематизуючи дані по внутрішньорічному розподілу максимальних витрат води по сезонах потрібно прослідкувати їх динаміку по кожному басейну зокрема (табл. 8.).

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що за досліджуваний період по всіх створах у всіх басейнах відбувається збільшення мінімальних витрат води майже в 1,5-2 рази. Це означає, що для даного району відбулись зміни у перерозподілі часток живлення в році. Зміни кількісних показників мінімального стоку по кожному гідрологічному посту наведено в табл. 9.

Таблиця 8. Зміна за два періоди максимальних витрат води по сезонах в м³/с

Річка – гідрологічний пост	Весна	
	Період 1960-89 рр.	Період 1989-2008 рр.
Сула-Зеленівка	45,57	18,24
Сула-Ромни	141,48	51,66
Сула-Лубни	202,45	86,47
Ромен - Ромни	34,42	15,39
Удай-Прилуки	31,72	22,05
Перевід - Сасинівка	6,96	4,51
Сліпорід-Олександрівка	10,0	6,84
Оржиця-Маяківка	25,43	10,09
Псел-Суми	305,24	126,03
Псел - Гадяч	312,3	139,24
Псел-Запсілля	317,05	170,93
Хорол-Миргород	63,0	21,97
Голтва - Міхновка	90,15	41,27
Ворскла-Чернетчина	224,4	94,24
Ворскла-Кобеляки	217,93	122,26
Мерла-Богодухів	15,45	6,85

Таблиця 9. Зміна за два періоди мінімальних витрат води по сезонах в м³/с

Річка – гідрологічний пост	Літо-осінь		Зима	
	Період 1960-89 рр.	Період 1989-2008 рр.	Період 1960-89 рр.	Період 1960-89 рр.
Сула-Зеленівка	0,21	0,23	0,29	0,38
Сула-Ромни	2,17	1,53	3,08	2,97
Сула-Лубни	8,24	6,88	13,34	12,49
Ромен - Ромни	0,41	0,66	0,79	0,97
Удай-Прилуки	0,57	1,15	1,02	1,93
Перевід - Сасинівка	0,19	0,33	0,43	0,51
Сліпорід-Олександрівка	0,20	0,29	0,26	0,37
Оржиця-Маяківка	0,81	1,1	1,72	1,51
Псел-Суми	10,08	13,71	10,63	13,19
Псел - Гадяч	8,79	14,37	13,51	16,51
Псел-Запсілля	15,81	18,2	21,06	23,08
Хорол-Миргород	0,72	1,18	0,9	1,52
Голтва - Міхновка	0,21	0,31	1,74	1,37
Ворскла-Чернетчина	3,04	3,21	4,43	4,94
Ворскла-Кобеляки	9,31	10,86	15,74	16,85
Мерла-Богодухів	0,11	0,16	0,14	0,26

За результатами досліджень було встановлено, що для річок басейнів Сула, Псел, Ворскла за досліджуваний період, більша частина річного стоку припадає на весняний період і складає близько 50-60% від річного. На літньо-осінній і зимовій періоди припадає приблизно однакова частина стоку в межах 20-25%. Однак, співставляючи отримані результати з розрахунками попередніх років (станом на 1960 р.), чітко видно динаміку до перерозподілу стоку в році. Потрібно також відмітити той факт, що динаміка зростання літньо-осінньої частки річного стоку майже в 2-5 разів перевищує відповідну тенденцію зимових витрат. І в цілому показники відсоткові літньо-осіннього

періоду перевищують значення зимової межні. Такий поділ на періоди був обумовлений різним впливом антропогенних факторів на басейни цих річок. Починаючи з 60-х років минулого століття річки басейнів Сула, Псел та Ворскла почали зазнавати значного впливу від людської діяльності, що проявилась у зарегульованості стоку і будівництві значної кількості гідротехнічних споруд в їх басейнах. Тому при дослідженні було виділено ще два періоди, перший до 1960 р. (річки в відносно референтних умовах), та з 1960 р. й по сьогоднішній день (значний антропогенний вплив на гідрологічні характеристики) (табл. 10).

Таблиця 10. Зміни внутрішньорічного розподілу стоку у відсотках по басейнах за два періоди

Басейн	Весна			Літо - осінь			Зима		
	До1960	Після	Різниця	До1960	Після	Різниця	До1960	Після	Різниця
Р.Сула	70	54	-16	14	26	+12	16	20	+4
Р.Псел	75	59	-16	14	24	+10	11	17	+6
Р.Ворскла	69	54	-15	13	26	+13	18	20	+2

На основі вище вказаних закономірностей розподілу стоку по окремих сезонах можна зробити висновок, що для річок Сула, Псел, Ворскла відбувся перерозподіл стоку між сезонами в році в бік зменшення весняного стоку з одночасним зростанням частки літньо-осінньої і зимової межні. А це є наслідком зміни і перерозподілу видів живлення річок вказаних басейнів. Зміни розподілу стоку по окремих басейнах наводяться у табл. 11–13.

Таблиця 11. Зміни у розподілі стоку по сезонам різної ймовірності перевищення в басейні річки Сула за два періоди

Групи років з ймовірністю перевищення	Весна			Літо - осінь			Зима		
	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця
5%	64	49	-15	14	31	+17	22	20	-2
50%	72	52	-20	14	27	+7	14	21	+7
95%	75	62	-13	14	20	+6	11	18	+7

Таблиця 12. Зміни у розподілі стоку по сезонам різної забезпеченості в басейні річки Псел за два періоди

Групи років з ймовірністю перевищення	Весна			Літо - осінь			Зима		
	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця
5%	71	52	-19	14	26	+12	15	22	+7
50%	75	62	-13	15	22	+7	10	16	+6
95%	78	62	-16	15	23	+8	7	15	+8

Таблиця 13. Зміни у розподілі стоку по сезонам різної забезпеченості в басейні річки Ворскла за два періоди

Групи років з ймовірністю перевищення	Весна			Літо - осінь			Зима		
	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця	До 1960р.	Після 1960р.	Різниця
5%	59	48	-11	12	29	+17	29	23	-6
50%	72	54	-18	13	27	+14	15	19	+4
95%	76	60	-16	13	21	+7	11	19	+7

Висновки. У результаті досліджень на річках басейнів Сула, Псел, Ворскла було встановлено, що за багаторічний період (1960-2008 рр.) відбувся перерозподіл річного стоку. Про це свідчать зменшення максимального багаторічного стоку, підвищення мінімального і відносна стабілізація середнього багаторічного стоку.

Водночас, відбувається внутрішньорічний перерозподіл стоку. Це виявляється у зменшенні частки весняного водопілля і зростанні частки стоку, що припадає на літньо-осінній і зимовий періоди. До того ж частка стоку весняного сезону зменшилась на 15-16%; літньо-осіннього і зимового періодів, навпаки, зросла, відповідно на 25% і 2-6%, у порівнянні з періодом до 1989 року. Як бачимо динаміка зростання літньо-осіннього сезону в 2-3 рази перевищує зростання зимового.

За даними різницевих інтегральних кривих середній стік зменшився для весняного періоду, а для літньо-осіннього і зимового навпаки збільшився. Максимальний стік зменшився у всіх періодах року. Мінімальний же стік у всіх сезонах збільшився по всіх створах і басейнах. Це свідчить про певні кліматичні зміни в басейні, що в свою чергу впливають на водний режим та режим живлення.

До того ж, маловодна фаза для середнього весняного стоку починається з кінця 80-х років, а з кінця 70-х рр. в літньо-осінній і зимовий періоди спостерігається початок багатоводної фази водності. Маловодна фаза для весняного максимального стоку починається в кінці 80-х і початку 70-х років, багатоводна фаза максимальних витрат води в літньо-осінній період приурочена до другої половини 70-х, 80-х років, настання маловодної фази для максимального зимового стоку варіюється від кінця 70-х до початку 90-х рр. Початок багатоводної фази для всіх сезонів по мінімальних витратах води приурочено до кінця 70-х років.

Таким чином можна з усією впевненістю стверджувати, що за досліджуваний період для річок басейнів Сула, Псел та Ворскла відбулись зміни у водному режимі. Це проявляється у перерозподілі стоку у внутрішньорічному вимірі, стабілізації у річному, зміні часток типів живлення і перерозподілі фаз водності у водному режимі.

Список літератури

1. *Васенко О. Г.* Оцінка динаміки якості поверхневих вод басейну р. Дніпро / О. Г. Васенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 389-398.
2. *Винарчук О. О.* Характеристика гідрохімічного режиму річок Сула, Псел і Ворскла / О. О. Винарчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23). – С. 111-128.
3. *Винарчук О. О.* Характеристика гідрохімічного режиму річок Сула, Псел і Ворскла / О. О. Винарчук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 2(23). – С. 111-128.
4. *Вишневський В. І.* Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра / Вишневський В. І., Сташук В. А., Сакевич А. М. – К. : Інтерпрес, 2011. – 186 с.
5. *Вишневський В. І.* Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневський, О. О. Косовець. – К. : Ніка-Центр, 2003. – 323 с.
6. *Вишневський В. І.* Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневський. – К. : Віпол, 2000. – 376 с.
7. *Волянський В. О.* Зміна гідрологічних умов в заплавах рік Ворскла і Псел / В. О. Волянський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 4. – С. 68-72.
8. *Галущенко О. М.* Водний баланс Річкових водозборів басейну Дніпра за маловодні і багатоводні роки / О. М. Галущенко // Гідрологія, гідрохімія і

гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С. 173-176. **9.** *Галущенко М. Г.* Умови формування та розрахунки мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) / М. Г. Галущенко, І. М. Ромась // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 289-295. **10.** *Галущенко О. М.* Балансова оцінка водних ресурсів річок басейну Дніпра, їх використання та охорона (в межах України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / Галущенко Олександр Миколайович ; Київський ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 1998. – 18 с. **11.** *Гребінь В. В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 315 с. **12.** *Гребінь В. В.* Регіональний ландшафтно-гідрологічний аналіз сучасного водного режиму річок України : автореф. дис. гна здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук : спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / Гребінь Василь Васильович ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К., 2010. – 32 с. **13.** *Гребінь В. В.* Оцінка режиму наносів річок басейну Дніпра (в межах України) / В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С. 135-137. **14.** *Гребінь В. В.* Оцінка сучасних змін мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) / В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 13. – С. 85-92. **15.** *Лозовіцький П. С.* Динаміка коливань стоку та хімічного складу води річки Сула / П. С. Лозовіцький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 155-165. **16.** *Маринич В. В.* Про деякі особливості динаміки якості річкових вод басейну Дніпра / Маринич В. В., Савицький В. М., Пелешенко В. І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 3. – С. 176-180. **17.** *Медвецька В. Б.* Особливості водного режиму гирлових ділянок приток Дніпра / В. Б. Медвецька // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – Т. 7. – С. 85-92. **18.** *Мольчак Я. А.* Дождевой сток в условиях антропогенных изменений (на примере среднего и верхнего Поднепровья) / Я. А. Мольчак, И. Я. Мискове. – Луцк : РИО ЛНТУ, 2009. – 431 с. **19.** *Овчарук В. А.* Особенности формирования максимального стока весеннего половодья в условиях юга лесостепной зоны Украины (по материалам Нижнедевицкой ВБС) / В. А. Овчарук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 351-359. **20.** *Пилипюк В. В.* Динаміка хімічного складу води за довжиною річки Псел та оцінка її якості / В. В. Пилипюк, Н. С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 4(21). – С. 125-133. **21.** *Ромась М. І.* Дослідження формування мінімальних середньомісячних витрат річок басейну Дніпра в літньо-осінню межень / Ромась М. І., Шевчук І. О., Ромась І. М. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 85-92. **22.** *Савицький В. М.* Формування і динаміка хімічного складу річкових вод лівобережних приток Дніпра у зоні лісостепу / Савицький В. М., Шевчук І. О., Пелешенко В. І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 504-510. **23.** *Струтинська В. М.* Вплив змін клімату на термічний та льодовий режими річок басейну Дніпра (в межах України) з другої половини ХХ ст. : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 «Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія» / Струтинська Віта Миколаївна ; Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2008. – 20 с. **24.** *Філоненко Ю. М.* Гідрогеологічні та геохімічні умови міграції забруднюючих речовин у межах правобережжя Середнього Дніпра / Ю. М. Філоненко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 3. – С. 153-156. **25.** Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / [Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. І. та ін.] – К. : Ніка-Центр, 2007. – 184 с. **26.** *Хільчевський В. К.* Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра / Хільчевський В. К., Маринич В. В., Маринич В. М. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 4. – С. 167-179. **27.** *Хільчевський В. К.* Характеристика іонного стоку річок басейну Дніпра / Хільчевський В. К., Маринич В. В., Савицький В. М. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 226-240. **28.** *Хільчевський В. К.* Умови формування хімічного складу води та вивченість гідрохімічного режиму річок Лівобережного лісостепу. / Хільчевський В. К., Винарчук О. О. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 1(18). – С. 219-230.

Просторово-часова характеристика стоку річок Сула, Псел та Ворскла
Бібік В.В., Винарчук О.О., Лук'янець О.І., Хільчевський В.К.

Наведено результати розрахунків середнього, максимального та мінімального стоку за багаторічний період для 16 створів, розташованих у басейнах річок Сула, Псел та Ворскла. На основі різницеєвих інтегральних кривих стоку виділені фази у гідрологічному режимі для розглянутих річок. Виконано аналіз стоку цих річок для умов значного антропогенного навантаження та для референтних умов. Досліджено динаміку середніх, максимальних і мінімальних витрат води для окремих сезонів, а також внутрішньорічний розподіл стоку.

Ключові слова: середній, максимальний, мінімальний річний стік; внутрішньорічний розподіл стоку; середній, максимальний, мінімальний стік по сезонам.

Пространственно-временная характеристика стока рек бассейнов Сула, Псел и Ворскла

Бибик В.В., Винарчук О.О., Лукьянец О.И., Хильчевский В.К.

Приведены результаты расчетов среднего, максимального и минимального стока за многолетний период для 16 створов, расположенных в бассейнах рек Сула, Псел и Ворскла. На основе разностных интегральных кривых стока выделены фазы в гидрологическом режиме для рассмотренных рек. Выполнен анализ стока этих рек для условий значительной антропогенной нагрузки и для референтных условий. Исследовано динамику средних, максимальных и минимальных расходов воды для отдельных сезонов, а также внутригодовое распределение стока.

Ключевые слова: средний, максимальный, минимальный речной сток; внутригодовое распределение стока; средний, максимальный, минимальный сток по сезонам.

Spatio-temporal description of flow of surface-water of pools Sula, Psel and Vorskla

Bibik V.V., Vynarshuk O.O., Luk'yanets O.I., Khilchevskiy V.K.

Results of calculations of average, maximum and minimum flows for a long-term period for 16 gauging stations located in the Sula, Psel and Vorskla river basins are presented in the article. The phases in hydrological regimes have been determined on the basis of flow summation curves for these gauging stations. An analyzes of river flows for considerable anthropogenic impacts and for natural conditions as well as an investigation of dynamics of average, maximum and minimum discharges for every season and a runoff distribution have been carried out.

Keywords: annual average, maximum, minimum flow; annual distribution of flow; season's average, maximal, minimum flow.

Надійшла до редколегії 18.11.2011

УДК [556.531.4:574.5] (285.3)

Холодцько О.П.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

СУЧАСНІ ЗМІНИ КОМПЛЕКСУ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Ключові слова: Київське водосховище, донні відклади

Вступ. Вивчення донних відкладів у водосховищах має значне наукове і практичне значення при вирішенні загальнолімнологічних, гідробіологічних, екологічних і соціально-економічних проблем. Головною особливістю

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

штучних водойм є їхня просторова неоднорідність, що визначається сезонною й багаторічною флуктуацією морфометричних, гідрологічних і гідрохімічних характеристик.

Протягом багатьох років вивченням донних відкладів дніпровських та інших крупних водосховищ займалися, головним чином, для визначення темпів мулонакопичення і, відповідно, втрат їхнього об'єму. Аналіз і систематизація даних по замуленню водосховищ, проведені ще до 1939 року Г. І. Шамовим [9], показали, що темпи замулення в крупних рівнинних водосховищах досить низькі і ще довго не утворюватимуть перешкод для їхнього гідроенергетичного і транспортного використання. Останнім часом набув розвитку аспект дослідження донних відкладів водосховищ як абіотичного компонента водних екосистем, який впливає на їхнє функціонування через взаємодію між водою, седиментами та біотою.

Вивченням донних відкладів Київського водосховища почали займатися ще з кінця 60-их років минулого століття, оскільки воно, як головне у каскаді, приймало і приймає левову частку аллохтонних надходжень, що привносяться зі стоком річок Дніпро, Прип'ять, Тетерів, а також саме продукувало велику кількість автохтонних утворень (об'єм яких з часом значно знизилася [8]). Ці матеріали й формують комплекс його донних відкладів.

Мета роботи – визначити спрямованість і послідовність процесів осадоутворення в Київському водосховищі у сучасний період.

Матеріал і методика досліджень. Дослідники седиментаційних процесів у крупних водосховищах сходяться на думці, що систематичні комплексні натурні дослідження найбільш інформативні й дозволяють виявити основні закономірності осадоутворення [1–5]. Узагальнюючи дані про донні відклади Куйбишевського, Новосибірського і Цимлянського водосховищ, В. М. Широков [10] дійшов висновків:

- існує два періоди формування донних відкладів – період становлення, коли основним джерелом формуючого матеріалу є абразія берегів, і період стабілізації, коли цю роль на себе приймає аллохтонний притік;
- основний характер розподілу донних відкладів по площі дна формується уже в перші роки існування водосховища;
- осадонакопичення в затопленому руслі відбувається в 5–7 разів швидше, ніж у середньому по водоймі.

З 1972 року комплексними дослідженнями донних відкладів дніпровських водосховищ займається відділ гідрології (нині – лабораторія гідрології та управління водними екосистемами) Інституту гідробіології НАН України. Програма цих досліджень передбачає детальне вивчення ґрунтового комплексу, визначення закономірностей його формування і розподілу, виявлення внутрішніх взаємозв'язків між окремими водно-фізичними властивостями і компонентами хімічного складу і, в кінцевому випадку, складання комплексної характеристики донних відкладів як абіотичного компоненту екосистеми.

Особливу увагу приділено Київському водосховищу, головному у каскаді, яке першим приймає притік наносів з водозбору Дніпра і в значній мірі акумулює у собі радіонукліди, що випали над забрудненою територією внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Достатньо згадати, що у ньому заакумульовано близько 97% радіонуклідів, що знаходяться у всьому каскаді дніпровських водосховищ.

Установлено, що активність гідродинамічних процесів на різних ділянках Київського водосховища змінюється в досить широких межах. Вона, головним чином, обумовлює формування комплексу їх донних відкладів. На верхній ділянці режим седиментації зависів і їхнього вторинного взмучування визначається стоковими течіями. В межах середньої і пригреблевої ділянок режим седиментації визначається гідродинамічними параметрами, близькими до озерного режиму. Тут формування донних відкладів залежить в основному від впливу вітро-хвильових процесів.

За час існування Київського водосховища за єдиною методикою було проведено до 10 ґрунтових зйомок. Останню здійснено нами у 2010-2011 рр. із застосуванням системи глобального просторового позиціювання (GPS). Це дало змогу чітко простежити межі сучасних ареалів донних відкладів.

Результати дослідження і їх обговорення. Перші ґрунтові зйомки, проведені Інститутом гідробіології на Київському водосховищі у 1970 році, вказували на те, що комплекс його донних відкладів у той час перебував на стадії формування. Дані, отримані під час першої зйомки, виконаної у 1970 році (рис. 1 а), засвідчили, що ділянки залягання різних типів донних відкладів не мали чітко сформованих меж, але вже тоді давали уявлення про спрямування процесів седиментації та трансседиментації.

Результати більш пізніх зйомок донних відкладів (див. рис. 1 б, в) вказували на достатню їхню схожість, а саме: область глинистих мулів простягнулася від пригреблевої ділянки вздовж затоплених русел Дніпра і його приток, замулені піски відклалися у верхній частині водосховища і в прибережній зоні, а піщанисті мули – на проміжних ділянках. Безпосередньо у приурізовій зоні, на берегових відмілинах та у місцях впадіння річок Прип'ять, Дніпро та Тетерів залягають відносно добре відсортовані (відмиті) піски.

Незначні відмінності зафіксовано лише на площах поширення мулових і піщаних донних відкладів, причому площа мулів поступово збільшується за рахунок акумуляції продуктів аллохтонного і автохтонного походження. Зазначимо, що Київське водосховище має значну акумулятивну здатність (89%) і порівняно невелику проточність (2,99 см/с) [5].

Статистична обробка результатів вказаних зйомок показала, що на відкритій акваторії водосховища межа залягання пісків у 99% випадків досягає глибини 4 м, замулених пісків – до 8 м, мулів піщанистих – до 10 м. Глибше залягають глинисті мули, за виключенням ділянок поблизу ГЕС та скидних гідроспоруд, де вони змиті. Взагалі, площа мулистих донних відкладів за останній 17-ти річний період збільшилася всього на 21 км², або на 2,3% від загальної площі дна (табл.1).

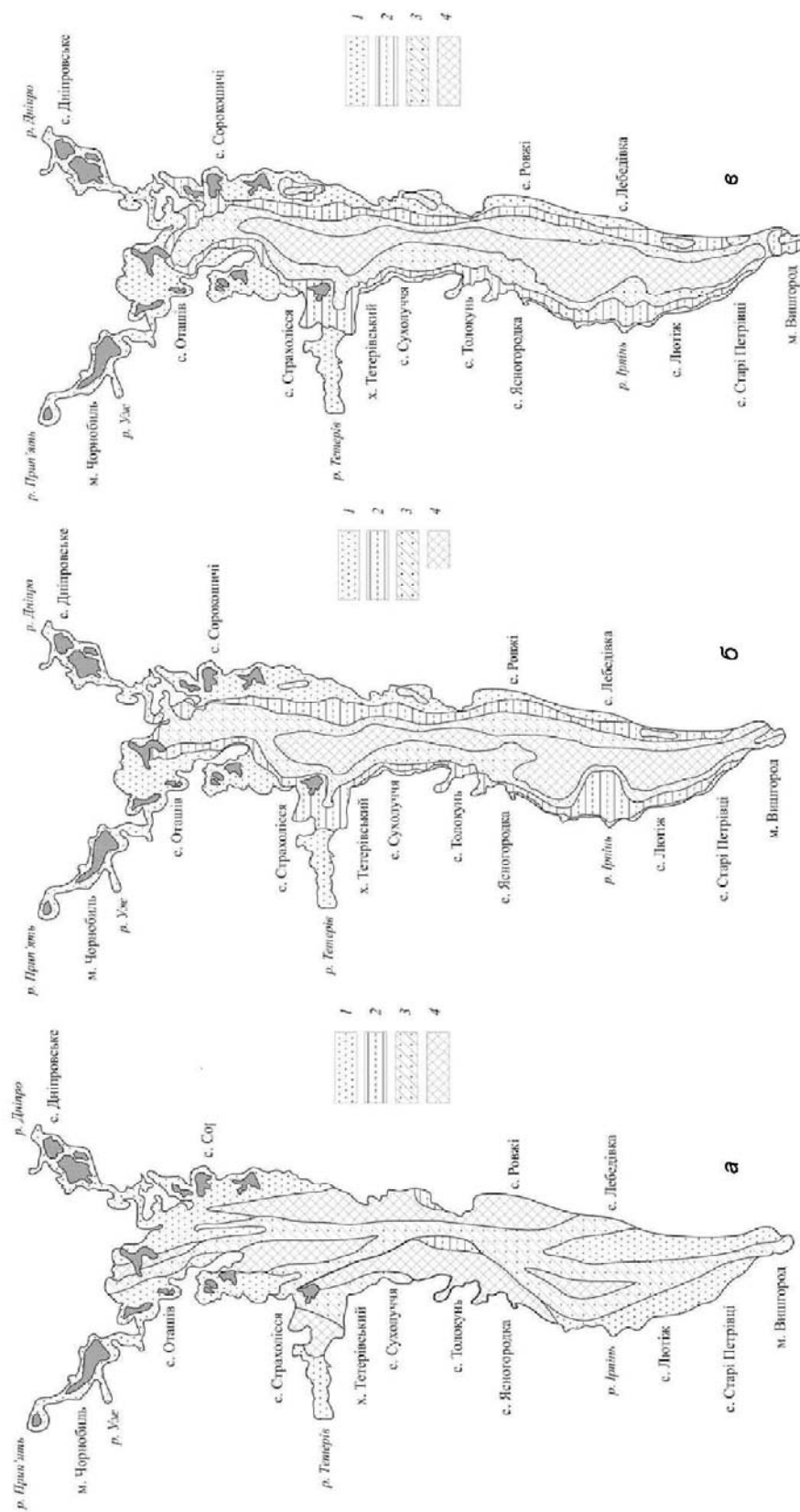


Рис. 1. Карти-схеми розподілу донних ґрунтів у Київському водосховищі:

а – 1970 р.; б – 1993 р.; в – 2010-2011 рр.;

1 – піски; 2 – замулені піски; 3 – мули піщаністі; 4 – мули глинисті

Таблиця 1. Площі залягання донних відкладів різних типів у Київському водосховищі станом на 1993 та 2010 рр.

Рік	Первинні (затоплені грунти)		Тип відкладів							
			піски		зamuлені піски		мули піщанисті		мули глинисті	
	км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%
1993	31,4	3,4	352,1	38,2	75,7	8,2	132,8	14,4	330,1	35,8
2010	8,0	0,9	345,7	37,5	84,6	9,2	139,7	15,1	344,1	37,3

Звертає на себе увагу майже повна відсутність первинних (затоплених) ґрунтів у водосховищі. За час існування водойми ґрунтовий покрив затопленої заплави зазнав трансформації, і на його місці утворився комплекс донних відкладів, різних за властивостями і складом. Їхня чисельна величина надто мала, щоб включати їх до комплексу донних відкладів.

Незначна зміна площ залягання донних відкладів різних типів пояснюється стабілізацією процесів мулонакопичення у Київському водосховищі. Насамперед це обумовлено зменшенням автохтонних надходжень у воду і відповідним зниженням їхньої частки у балансі завислої речовини [8], що викликано вирівнюванням берегової лінії водойми, стабілізацією берегової відмілини, стійким і значним розвитком вищої водної рослинності, затуханням процесу розмиву островів тощо.

Величина аллохтонних надходжень до водойми змінюється в достатньо широких межах. В основному, вона залежить від водності і мутності річок, що впадають у водойму, географічних, геологічних і кліматичних умов водозбірних територій. За даними Б.І. Новікова [5] та П.В. Сіпченка [7], середньорічне надходження аллохтонних наносів до Київського водосховища становить 973 тис. т, що приблизно в 2,3 разів більше величини автохтонних надходжень, яка нині становить 418 тис. т (табл. 2) [8].

Результати балансових досліджень можуть бути дещо заниженими, оскільки у величину переробки берегів не входять дані щодо ерозійних берегів верхньої частини водосховища, де всі спостереження були звернуті після аварії на ЧАЕС у 1986 році.

Таблиця 2. Баланс наносів Київського водосховища у сучасний період (за [5, 7, 8])

Джерело надходження	Надходженн я, тис. т	Скидання, тис. т	Акуму- ляція, тис. т
Аллохтонні			
Зважені і пересувні наноси річок	931	102	829
Еоловий перенос	42	5	37
Всього:	973	107	866
Автохтонні			
Продукти переробки берегів	330	36	294
Продукція фітопланктону	38	4	34
Продукція вищої водної рослинності	50	6	44
Всього:	418	46	372
Всього разом:	1391	153	1238

Дослідження Новикова Б. І., Тімченка В. М., Сіпченка П. В. [6] вказують на те, що на верхніх (річкових) ділянках дніпровських водосховищ режим седиментації зависів і їхнього вторинного взмучування майже повністю визначається стоковими течіями, що в кінцевому випадку призводить до поступового переміщення часточок у зони водосховищ, де швидкості стокових течій зменшуються до значень, нижчих критичних. Дійсно, наноси, що акумулюються у верхній частині Київського водосховища, в основному є матеріалами аллохтонного походження. Вони у більшості випадків представлені різнозернистими, добре промитими пісками, в яких мінеральна складова значно переважає органічну. Ці аллохтонні наноси седиментують ще у верхній частині водосховища і формують піщані ареали донних відкладів у Прип'ятському та Дніпровському відрогах. Більш дрібні й легші органічні і неорганічні матеріали седиментують у середній і нижній частині водосховища. На це вказує наявність невеликого шару мулу майже по всій території дна цих ділянок водойми. При посиленні вітро-хвильових процесів восени цей тонкий шар мулових надходжень зазнає вторинного взмучування. Він переміщується в зони з більш спокійним гідродинамічним режимом, а саме: на ділянки затоплених русел Дніпра і його приток та граничні (проміжні) ділянки між пісками і мулами. Останнє обумовлює поступове збільшення ареалів мулистих донних відкладів. На це вказує значно вищий вміст органічної речовини в донних відкладах колишнього русла Дніпра.

Матеріал автохтонних надходжень седиментує, в основному, у середній і пригреблевій зонах водосховища. Піщані складові цього матеріалу найчастіше відмічаються у береговій зоні, де вони беруть участь у формуванні відмилін, а більш дрібні фракції переміщуються в зони, де акумулюються найбільш дрібні аллохтонні утворення.

У цілому, в Київському, як і у інших рівнинних водосховищах [1,2], формування донних відкладів на початковому етапі існування відбувається на фоні активізації ерозійно-абразійних процесів і підвищених темпів седиментації [5]. З часом темпи мулонакопичення уповільнюються і стабілізуються (пасивна стадія) [8].

Висновки. Гідрологічні умови дніпровських водосховищ сприяють перетворенню їх у відстійники завислих наносів. Тут формуються комплекси донних відкладів. На прикладі Київського водосховища встановлено, що існують певні закономірності розподілу ґрунтового комплексу на крупних рівнинних водосховищах:

- скорочення площ первинних ґрунтів;
- незначне і поступове збільшення площ дрібнодисперсних донних відкладів;
- деяке зменшення площ ареалів залягання піщаних відкладів (внаслідок перекриття їх мулами);
- повільна зміна площ мулонакопичення, яка обумовлена слабкою флуктуацією природних і антропогенних факторів.

Список літератури

1. Буторин Н. В. Донные отложения верхневолжских водохранилищ / Буторин Н. В., Зиминова Н. А., Курдин В. П. – Л. : Наука, 1975. – 160 с. 2. Законов В. В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра. геогр. наук : спец. 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» / Законов В.В. – М., 2007. – 39 с. 3. Карнаухова Г.А. Процессы осадкообразования в водохранилищах Ангарского каскада : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра. геогр. наук : спец. 25.00.27 / Карнаухова Г.А. – Иркутск, 2009. – 44 с. 4. Ключева В. А. Осадконакопление в водохранилищах Нижнего Дона / В. А. Ключева, Г. П. Долженко – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростов. ун-та, 1983. – 142 с. 5. Новиков Б. И. Донные отложения днепровских водохранилищ / Б. И. Новиков. – К.: Наук. думка, 1985. – 170 с. 6. Новиков Б. И. Седиментационные процессы в каскадах равнинных водохранилищ Украины / Новиков Б. И., Тимченко В. М., Сипченко П. В. // Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. – Л. : Наука, 1984. – С. 18–26. 7. Сипченко П. В. Баланс и динамика взвесей днепровских водохранилищ : автореф. дисс. канд. геогр. наук / Сипченко П.В. – Харьков, 1987. – 14 с. 8. Холодько О. П. Динаміка автохтонної речовини у Київському водосховищі / О. П. Холодько // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений : Мат. II Междунар. конф. – Херсон, 2008. – С. 488–492. 9. Шамов Г. И. Заиление водохранилищ / Г. И. Шамов. – Л. : ГМИ, 1939. – 139 с. 10. Широков В. М. Влияние процесса абразии берегов на заиление крупных водохранилищ / В. М. Широков // Тр. совещ. по изучению берегов водохранилищ и вопросам дренажа в условиях Сибири. – Новосибирск : СО АН СССР, 1969. – Вып. I. – С. 267–282.

Сучасні зміни комплексу донних відкладів Київського водосховища

Холодько О.П.

Встановлено, що основним джерелом формування донних відкладів Київського водосховища у наш час є продукти аллохтонного походження. Визначено основні закономірності розподілу комплексу донних відкладів у верхній річковій, середній і пригреблевій ділянках водойми. Виявлена загалом дуже повільна зміна площі мулонакопичення, яка відбувається через процеси вторинного взмучування. Розширення ареалу мулонакопичення відбувається за рахунок перекриття площ з піщаними відкладами.

Ключові слова: Київське водосховище, донні відклади.

Современные изменения комплекса донных отложений Киевского водохранилища

Холодько О.П.

Установлено, что основным источником формирования донных отложений Киевского водохранилища в наше время являются продукты аллохтонного происхождения. Определены основные закономерности распределения комплекса донных отложений на верхнем речном, среднем и приплотинном участках водоёма. Выявлено очень медленное изменение площади илонакопления, которое происходит из-за процессов вторичного взмучивания. Расширение ареала илонакопления происходит за счёт перекрытия площадей с песчаными отложениями.

Ключевые слова: Киевское водохранилище, донные отложения.

Contemporary changes of the bottom sediments complex of Kiev reservoir

Holod'ko O.P.

It is established that the main source of forming sediments in Kiev reservoir in our times are products of allochthonous origin. The main regularities of the distribution of bottom sediments in the river's upper, middle and dam reservoir sites are identified. In general, very slow change has been found in the area of silt accumulation, which is due to the processes of secondary muddying. Extension of the silt accumulation happens due to overlapping areas with sand deposits.

Keywords: Kiev reservoir, bottom sediments.

Надійшла до редколегії 08.11.2011

Порохівник Т.О., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ВОДНІСТЮ ТА ЧАСТОТОЮ ПРОХОДЖЕННЯ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ БАСЕЙНУ Р. ЛАТОРИЦЯ

Ключові слова: багаторічні коливання; фази водності; паводки; взаємозв'язок

Постановка проблеми. Проблеми паводкового стоку річок досить часто стають об'єктом дослідження вчених, оскільки паводки вважаються одним з найбільш небезпечних, руйнівних стихійних явищ. Басейн річки Латориці розташований у паводконебезпечному регіоні Українських Карпат. Місцеві особливості рельєфу, геологічної будови, клімату сприяють проходженню високих паводків значної руйнівної дії [1]. Визначення частоти проходження таких паводків та встановлення її зв'язку з коливаннями водності є надзвичайно актуальною проблемою, особливо для річок транскордонних басейнів.

Найбільші за період спостережень паводки в басейні р. Латориця спостерігалися в грудні 1947 р., грудні 1957 р., травні 1970 р., липні 1980 р., грудні 1993 р., листопаді 1998 р., березні 2001 р. та в березні 2008р [8]. Дослідження обумовлене посиленою паводковою активністю та значними коливання водності річок басейну Латориці протягом останніх десятиріч.

Статистичні методи досліджень максимального стоку посідають в гідрології провідне місце. Вони дозволяють описати на кількісному рівні режим проходження високих паводків, дати ймовірносний прогноз їх просторово-часових змін залежно від коливання фаз водності. В той же час, ці методи не пояснюють умов формування паводкового стоку, не встановлюють часу настання вказаних явищ і є достатньо надійними лише для об'єктів, що забезпечені великим об'ємом гідрометеорологічної інформації.

Мета роботи. Дана робота є результатом вивчення особливостей паводкового режиму р. Латориця. Основним завданням проведеного дослідження стала оцінка багаторічних коливань стоку річок басейну Латориці, а також пошук взаємозв'язків частоти проходження паводків певної забезпеченості з фазами водності.

Аналіз попередніх досліджень. Детальний аналіз досліджень коливань стоку річок Українських Карпат, зокрема параметрів їх максимального стоку, виконано у роботі [8].

З останніх публікацій слід відзначити роботи вчених Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту – М. М.Сусідка, О. І. Лук'янець, Н. В. Приймаченко [3, 6], присвячені питанням прогнозування весняного стоку карпатських річок та дослідженню умов

формування дощових паводків на річках регіону, та Київського національного університету імені Тараса Шевченка – роботу С. В. Мельника по дослідженню часових рядів стоку карпатських приток Дністра [4]; статтю В. В.Гребеня, Є. В.Василенко та Ю. О.Чорноморець [2] по аналізу особливостей внутрішньорічного розподілу стоку води та завислих наносів річок Українських Карпат.

Вихідні матеріали. Будь-які процедури, пов'язані з встановленням зв'язку, виявленням взаємодії, часовим розподілом, визначаються характером вихідної інформації. При виконанні роботи було використано матеріали спостережень Гідрометслужби України, опубліковані у гідрологічних щорічниках та довідниках «Основні гідрологічні характеристики» за період з 1947 по 2008 роки, на річках басейну Латориці.

Методика дослідження. Аналіз змін річкового стоку за тривалі періоди спостережень показує наявність постійних коливань стоку води за роками. Коливання стоку в часі проявляються у формі послідовної зміни багатоводних і маловодних груп років. Ці групи утворюють цикли водності різного розмаху її коливань. Достатньо ефективним апаратом для аналізу циклічної структури багаторічних коливань стоку є різницеві інтегральні криві, які враховують коливання стоку за окремі відносно короткі проміжки часу. Різницева інтегральна крива будується шляхом додавання відхилень модульних коефіцієнтів від середнього, тобто їх ординати обраховуються за формулою:

$$F(t) = \sum_1^t (K_i - 1) . \quad (1)$$

Таким чином, ординати кривої дають на кінець кожного K_i -того року нестачу суми відхилень річних модульних коефіцієнтів від норми (середнього багаторічного значення).

Максимальні витрати води відносяться до категорії найбільш складних для дослідження і узагальнення гідрологічних явищ. Це пов'язано з тим, що паводки мають стихійний характер, тобто проходять нерегулярно і досить швидко [5].

Для опису проходження паводків вивчають кліматичні (температура повітря; тривалість та інтенсивність опадів, а також їх величина; запаси вологи в ґрунті та ін.), орографічні (характер підстильної поверхні, її похили; експозиція схилів), гідрологічні (максимальні строкові та середньодобові рівні, витрати води і її характеристики), антропогенні (розораність території басейну; вирубка лісів; забудова) фактори. Сукупність цих факторів формує величину стоку, яка є стохастичною характеристикою. У дослідженнях випадкових величин застосовують статистичні методи розрахунку, які базуються на основі теорії ймовірності.

Для розрахунків ймовірності перевищення максимальних витрат води паводків було застосовано емпіричну функцію розподілу, як випадкову вибірку з генеральної сукупності. Для сформованої вибірки, розташованої у спадному порядку, визначають забезпеченість за формулою:

$$P = \frac{m}{N} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де m порядковий номер члена ряду, N - загальна кількість членів ряду.

Основою, яка дозволяє використовувати статистичні зв'язки для розрахунку та прогнозу гідрологічного режиму є прийняття гіпотези сталості (або стаціонарності) комплексу умов, що обумовлюють ці зв'язки. При вивченні статистичних зв'язків між гідрологічними змінними застосовують так звані кореляційні зв'язки. Вони представляють собою зв'язки між визначеним фіксованим значенням однієї величини (аргументу) і відповідним їй умовним значенням іншої (функції). Зв'язки парної кореляції полягають у встановленні ймовірнісних залежностей між двома змінними, що характерно для нашого випадку, які у даному процесі зв'язані як причина і наслідок, або є наслідком загальної причини.

Параметри часу і простору є тісною ланкою, що пов'язує змінні, але вони не враховуються у процесі побудови зв'язку. У результаті цього одна змінна (Y) виражається в залежності від іншої (X).

Вказані зв'язки виражаються у формі кореляційних рівнянь або рівнянь регресії. Парна кореляція відображає лише лінійну залежність величин, але не відображає їх функціональної зв'язаності [5]. Для встановлення залежності між середніми річними витратами води та максимальними річними витратами води для басейну річки Латориці по чотирьох обраних гідрологічних постах за весь період спостережень, та по фазам водності для кожного поста зокрема, було застосовано метод парної кореляції та визначено рівняння регресії (табл. 1).

Таблиця 1 Зв'язок між середніми максимальними витратами води ($Q_{\max p}$) та середніми річними витратами води ($Q_{\text{сер.р}}$) багаторічними період

Річка – пост	Коеф. парної кореляції, (r)	Тип зв'язку	Рівняння регресії
р. Латориця – с.Підполоззя	0,51	Слабкий	$Q_{\max p} = 15,764Q_{\text{сер.р}} + 38,079$
р. Латориця – м.Мукачеве	0,47	Слабкий	$Q_{\max p} = 17,595Q_{\text{сер.р}} + 53,612$
р.Віча – с.Неліпине	0,33	Практично відсутній	$Q_{\max p} = 9,156 Q_{\text{сер.р}} + 24,30$
р.Стара – с.Зняцеве	0,63	Задовільний	$Q_{\max p} = 7,74Q_{\text{сер.р}} + 11,876$

Гідрологічні явища, як правило, обумовлені досить великою кількістю факторів, повне врахування яких практично неможливо і, в більшості випадків, недоцільно. Тому, при встановленні причинно-наслідкових зв'язків в аналіз включають ті фактори, які на підставі фізичних міркувань про закономірності та особливості утворення певних явищ, можуть розглядатися, як головні. Вони обумовлюють основний внесок у процеси формування гідрологічних характеристик [5]. Головні фактори визначають основний вид зв'язку, а менш впливові утворюють поле розсіювання.

Основні результати дослідження. В результаті проведеного дослідження, було отримано досить низькі значення коефіцієнтів парної кореляції (r) за весь період спостережень (табл.1). Розділивши період спостережень за фазами водності, та провівши відповідні обчислення для кожної фази окремо, було встановлено, що статистичні зв'язки між середніми та максимальними річними витратами води в багатоводні фази є значно вищими. Так, для г/п р.Латориця – м. Мукачеве коефіцієнт парної кореляції (r) складає 0,58; г/п р.Латориця – с. Підполоззя $r=0,68$; г/п р. Стара – с. Зняцеве $r=0,77$. Для маловодних груп років (маловодні фази) зв'язок слабшає. Перш за все це слід пояснити тим, що проходження витрат малої ймовірності перевищення не завжди відповідає загальному розподілу по фазам, тобто і в маловодні роки можуть проходити дуже високі паводки, але частота їх повторення, як правило, буде меншою. Крім того, для гірських регіонів паводкові витрати не значно впливають на середньорічні витрати води, оскільки паводкові періоди в середині року можуть чергуватися з низькими меженними періодами [7].

З метою виділення з ряду спостережень саме паводкового стоку було сформовано вибірку максимальних річних витрат води та дат їх проходження. Ряд значень було перетворено таким чином, щоб його члени розташовувалися в спадному порядку. Розподіл паводків за генетичними ознаками на дощові та сніго-дощові не виконувався, але було розраховано взаємозв'язок між середніми багаторічними максимальними та середніми річними витратами води по сезонах (теплий/ холодний). Наступним етапом стало обчислення ймовірності перевищення та виділення кількісного значення максимальних витрат води 50% забезпеченості. Всі добові пікові витрати, більші за 50% вважалися паводковими. Таким чином виділено 51 паводок 50% ймовірності перевищення для р. Латориця –с.Підполоззя, 49 для р. Латориця – м.Мукачеве, 43 для р.Віча – с.Неліпине, 39 паводків для р.Стара – с.Зняцеве. Аналогічні обчислення проводилися для паводків ймовірністю перевищення 10

При аналізі розподілу високих паводків за багаторічний період використано виділені фази та цикли коливань водності за різницею інтегральними кривими, побудованими для гідрологічних постів річок басейну Латориці (рис. 1, 2).

Відповідно до фаз водності було обчислено кількість випадків проходження високих паводків з ймовірністю перевищення максимальних витрат 50 %, та найвищих – ймовірністю перевищення 10%. Таким чином встановлено закономірності проходження паводків в залежності від фаз водності (табл. 2). Методика подібних досліджень наведена у роботі [8].

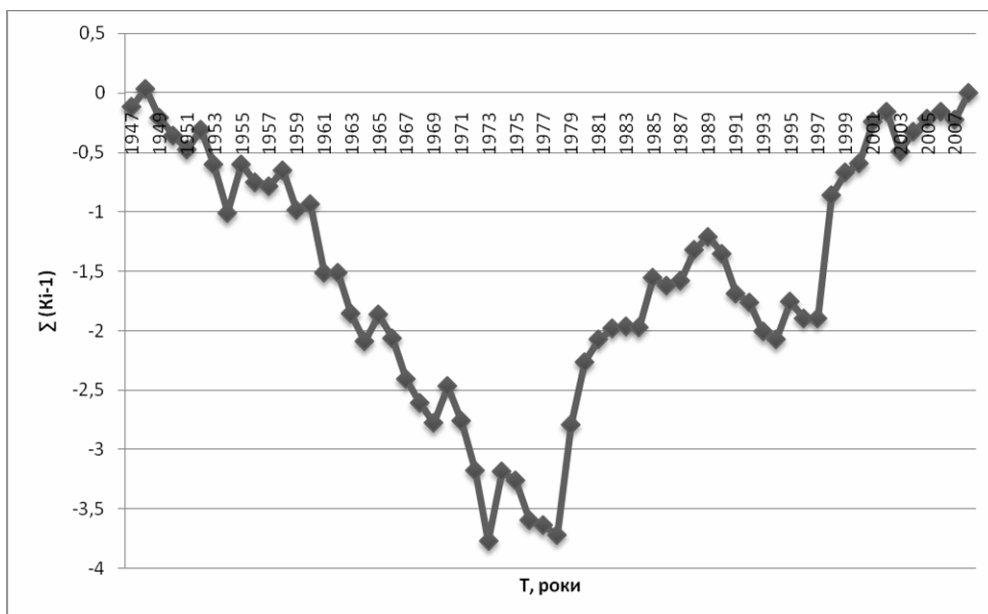


Рис. 1 Різницева інтегральна крива коливань середніх річних витрат води р.Латориця – м. Мукачеве

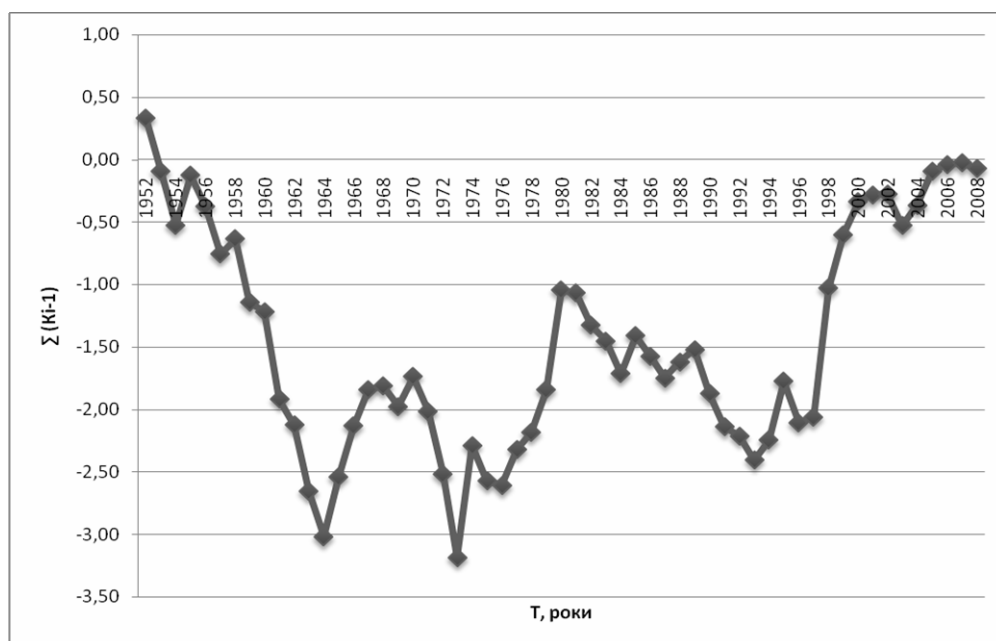


Рис. 2 Різницева інтегральна крива коливань середніх річних витрат води р.Стара – с. Зняцеве

Проаналізувавши зведену таблицю результатів розподілу максимальних витрат води паводків різної забезпеченості, слід зазначити, що для басейну річки Латориця слід очікувати один паводок із забезпеченістю максимальних витрат 50 % раз на 2 маловодні роки поспіль та 1 паводок такої забезпеченості щорічно для багатоводних періодів (табл.3).

Отже, проходження паводків з ймовірністю перевищення максимальних витрат 50%, в багатоводні періоди збільшується вдвічі в порівнянні з маловодними періодами.

Таблиця 2. Розподіл паводків певної ймовірності перевищення за фазами водності для річок басейну р. Латориця

Річка - пост	Період, роки	Водність періоду*	Модульний коефіцієнт (Ki) періоду	Кількість паводків з ймовірністю перевищення:	
				50%	10%
р. Латориця – с. Підполоззя	1947-2008	±	1,00	51	7
	1947-1964 1983-2002	–	0,85	26	5
	1965-1982 2003-2008	+	1,15	25	2
р. Латориця – м. Мукачеве	1947-2008	±	1,00	49	8
	1947-1978 1990-1997	–	0,90	27	2
	1979-1989 1998-2008	+	1,10	22	6
р. Віча – с. Неліпине	1958-2008	±	1,00	43	5
	1958-1973 1990-1993	–	0,89	10	0
	1974-1989 1994-2008	+	1,11	42	5
р. Стара – с. Зняцеве	1952-2008	±	1,00	39	6
	1952-1973 1981-1993	–	0,87	19	2
	1974-1980 1994-2008	+	1,13	20	4
Середнє по басейну:		±	1,00	45	7
		–	0,88	20	2
		+	1,12	27	4

* (+) - багатоводний період ; (–) - маловодний період; (±) - повний цикл

Найвищі паводки з ймовірністю перевищення 10% спостерігаються рідше, в середньому, один раз на 17 років для маловодних періодів, та один раз на 7 років – для багатоводних. Найбільша повторюваність паводків з ймовірністю перевищення 10 %, серед досліджуваних річок, спостерігається на гідрологічному посту р. Латориця – м. Мукачеве (1 раз на 4 роки в багатоводну фазу). В періоди маловоддя, високі паводки спостерігаються значно рідше, або взагалі відсутні.

Висновки. В результаті виконаної роботи було вивчено особливості часового розподілу максимального стоку річок басейну р. Латориця. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Паводки в басейні річки Латориці - це звичні для цієї території явища. Вони зумовлюються самим положенням гірських хребтів відносно шляхів переміщення повітряних мас та ландшафтними особливостями річкових водозборів, а також господарською діяльністю людини. Розорювання ґрунтів, забудова заплави, вирубка лісів - ці процеси є характерними для водозбору даної річки.

Таблиця 3. Розподіл повторюваності паводків певної ймовірності перевищення за фазами водності річок басейну р. Латориця

Річка – пост	Період, роки	Тривалість періоду, роки	Водність періоду*	Повторюваність паводків ймовірністю перевищення:	
				50%	10%
1	2	3	4	5	6
р.Латориця–с.Підполоззя	1947-2008	62	±	1 на рік	1 на 8 років
	1947-1964 1983-2002	38	–	≤1 на рік	1 на 8 років
	1965-1982 2003-2008	24	+	≤1 на рік	1 на 12 років
р.Латориця–м. Мукачеве	1947-2008	62	±	≤1 на рік	1 на 8 років
	1947-1978 1990-1997	40	–	≤1 на рік	1 на 20 років
	1979-1989 1998-2008	22	+	1 на рік	1 на 4 роки
р Віча – с. Неліпине	1958-2008	51	±	≤ 1 на рік	1 на 10 років
	1958-1973 1990-1993	20	–	≤ 1 на рік	не спостерігалось
	1974-1989 1994-2008	31	+	≥1 на рік	1 на 6 років
р. Стара - с. Зняцєве	1952-2008	57	±	≤ 1 на рік	1 на 10 років
	1952-1973 1981-1993	35	–	≤ 1 на рік	1 на 18 років
	1974-1980 1994-2008	22	+	≤ 1 на рік	1 на 6 років
Середнє по басейну:			±	≤ 1 на рік	1 на 9 років
			–	≤ 1 на рік	1 на 17 років
			+	≥1 на рік	1 на 7 років

Примітка. (+) - багатоводний період ; (–) - маловодний період; (±) - повний цикл

2. Для басейну р. Латориця існує деяка закономірність у чергуванні багатоводних та маловодних періодів. Перший (за період спостережень) маловодний період тривав від початку спостережень до 1973 р. для р. Стара та р.Віча, до 1964 року для р. Латориця поблизу с. Підполоззя, а поблизу м.Мукачеве до 1978 року. Наступна багатоводна фаза мала різну тривалість (від 10 років для р. Латориця – м. Мукачеве до 17 років для р. Латориця – с. Підполоззя). Маловодна фаза почалася в 1990 р для р. Латориця – м. Мукачеве та р. Віча – с. Неліпине; для інших розглянутих постів - на початку вісімдесятих років. Відповідно, після закінчення маловоддя на всіх постах настає багатоводний період, який триває до цього часу.

3. Аналізуючи кореляційні зв'язки, слід зазначити, що для всіх чотирьох постів залежність між середніми та максимальними річними витратами води є слабкою. Але, розглядаючи зазначену залежність окремо для маловодних та багатоводних фаз, було уточнено, що коефіцієнт парної кореляції для багатоводних фаз попадає в область задовільних значень, а для маловодних фаз зв'язок слабшає. Це пояснюється тим, що під час багатоводних періодів загальна водність року визначається з урахуванням об'єму найбільшого за рік паводку.

4. Для басейну річки Латориці проходження паводків із забезпеченістю максимальних витрат 50%, залежить від фази водності: в багатоводні періоди ймовірність проходження збільшується вдвічі в порівнянні з маловодними. Найвищі паводки, з ймовірністю перевищення максимальних витрат води 10% спостерігаються рідше, в середньому один раз на 17 років для маловодних періодів, та один раз на 7 років – для багатоводних. В багатоводні періоди ймовірність паводків також майже удвічі більше, ніж в маловодні.

Список літератури.

1. Гідрометеорологічні умови басейну Чорної Тиси та їх вивчення / [Ободовський О. Г., Сніжко С. І., Гребінь В. В. та ін.] ; за ред. Ободовського О.Г. – К. : ВГЛ «Обрії», 2005. – 112 с.; 2. *Гребінь В. В.* Залежність внутрішньорічного розподілу стоку завислих наносів від фази водності (на прикладі річок Українських Карпат) / Гребінь В. В., Василенко Є. В., Чорноморець Ю. О. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 10. – С. 49-58; 3. *Лук'янець О. І.* Довготермінове прогнозування весняного стоку з гірського водозбору на засадах поступового уточнення / О. І. Лук'янець, М. М. Сусідко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 55-66; 4. *Мельник С. В.* Аналіз часових рядів стоку карпатських приток Дністра / С. В. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 12. – С. 83-92; 5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географічного факультету / упоряд. О. І. Лук'янець. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2010. – 60 с.; 6. *Приймаченко Н. В.* Залежність максимального стоку дощових паводків у басейні Дністра від орографічних та гідрометеорологічних умов / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 71-77; 7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / [под ред. М.С. Каганера]. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 884 с.; 8. *Чорноморець Ю.О.* Аналіз внутрірічного та багаторічного розподілу максимальних витрат води річок Українських Карпат / Ю. О.Чорноморець, В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – Т. 7. – С. 196-207.

Взаємозв'язку між водністю та частотою проходження паводків на річках басейну р. Латориця

Порохівник Т.О., Гребінь В.В.

Проведено аналіз закономірностей чергування фаз водності на річках басейну. Досліджено взаємозв'язок між середніми та максимальними річними витратами води. Визначена ймовірність проходження паводків певної забезпеченості на річках басейну залежно від фази водності.

Ключові слова: багаторічні коливання; фази водності; паводки; взаємозв'язок

Взаимосвязь между водностью и частотой прохождения паводков на реках бассейна р. Латорицы

Пороховник Т.А., Гребень В.В.

Проведен анализ закономерностей чередования фаз водности на реках бассейна. Исследована взаимосвязь между средними и максимальными годовыми расходами воды. Определена вероятность прохождения паводков определенной обеспеченности на реках бассейна в зависимости от фазы водности.

Ключевые слова: многолетние колебания; фазы водности; паводки; взаимосвязь.

Research of the correlations between water content fluctuations and frequency of floods occuring in Latorica basin

Porokhivnyk T.O., Grebin' V.V.

The analysis of regularities of water content phases alternation at research rivers was done. Correlations between mean and maximum annual water discharge was studied. Expectancy of floods occurring of definite probability in Latorica basin rivers in dependancy of water content phase was determined.

Keywords: long-term fluctuations, water content phases, floods, correlation

Надійшла до редколегії 22.11.2011

УДК 556.537:627.152(122)

Розлач З. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУСЛОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ

Ключові слова: русло річки, вертикальні деформації, ерозія, акумуляція, морфодинамічні параметри, методика оцінки руслових деформацій

Актуальність дослідження. Еволюція будь-якого природного русла супроводжується постійним його перетворенням, змінами – деформацією. На сучасному етапі будь-яка взаємодія з річковими системами потребує детального врахування розвитку руслових процесів й відповідно руслових деформацій на них. Саме з розвитком вертикальних руслових деформацій пов'язано формування поздовжніх профілів річок загалом. Не дивлячись на досить незначні темпи, вертикальні деформації складають загальний фон для розвитку інших видів руслових деформацій, обумовлюють формування типів русла [1]. Очевидно, їх оцінка та аналіз є вкрай важливим завданням руслознавства.

Огляд передуючих робіт. Існує ряд методів, які визначають інтенсивність та спрямованість вертикальних руслових деформацій. До таких відноситься блок гідрологічних методів, серед яких аналіз кривих $Q = f(H)$ – зв'язок рівнів за відповідних витрат води зіставлених за різні роки, аналіз кривих відповідних рівнів води за різні роки, розрахунки балансу наносів за багаторічний період. Крім цих методів спрямованість та темпи розвитку вертикальних руслових деформацій визначають за допомогою суміщення поперечних перерізів русла, а також суміщенням поздовжніх профілів конкретних ділянок русла [2-7].

Найбільше практичне застосування з огляду на оцінку вертикальних деформацій русла отримали криві витрат $Q = f(H)$ (рис. 1). Зміщення кривих зв'язку вгору або вниз дозволяє стверджувати, відповідно, про накопичення алювію та підвищення дна річки або його розмив та пониження поверхні дна. Даний метод спирається на матеріали регулярних спостережень за рівнями та витратами води на гідрологічних постах. Оскільки в більшості випадків гідрологічні пости розташовуються на прямолінійних, відносно звужених,

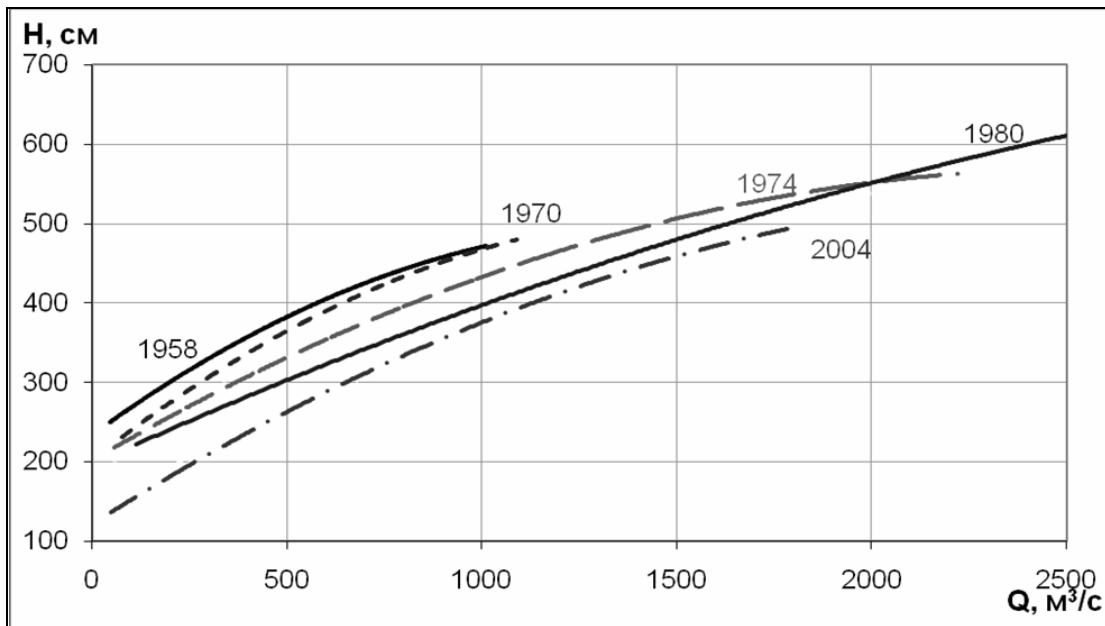


Рис. 1. Суміщені криві $Q = f(H)$ за різні роки р. Дністер – м. Галич

плесових ділянках русла, отриманий результат відображає спрямованість процесу у найбільш „чистому” вигляді. Проте, метод має, на наш погляд, ряд суттєвих недоліків. По-перше, через тісний зв'язок вертикальних та горизонтальних руслових деформацій, які частіше відбуваються одночасно, не для кожного типу русла „підвищення” або „просідання” рівнів при відповідних витратах завжди буде свідчити про ерозію або акумуляцію, відповідно. Так, наприклад, у розгалуженому руслі „просідання” рівнів води може бути наслідком не донної ерозії та зростання глибин, а розвитком планових деформацій та збільшенням ширини русла. Через це, необхідно мати чітке уявлення, при якій витраті виконувати аналіз змін рівнів і обрати таку витрату або діапазон витрат за якої розкриваються зміни в усіх ієрархічних структурах русла.

По-друге, через те, що результати методу долучені до пунктів спостережень, дані щодо розвитку вертикальних руслових деформацій на водотоках можна отримати лише локально.

Аналогічні недоліки характерні й для аналізу суміщених кривих рівнів води за різні роки (рис. 2). Щодо оцінки рівнів води за певної витрати протягом багаторічного періоду (рис. 3) [6], цей метод дозволяє фіксувати зміни усіх ієрархічних рівнів форм русла, проте все ще надає результати лише для певних ділянок водотоку в межах гідрологічних постів.

Досить об'єктивно та достовірно спрямованість вертикальних деформацій русла проявляється у зміні стоку наносів на ділянці річки за багаторічний ряд спостережень [6]. Для безприточної ділянки річки результуючий баланс визначається наступним співвідношенням:

$$W_1 - W_2 = \pm \Delta W, \quad (1)$$

де, W_1 – об'єм наносів, що надійшов до ділянки річки через верхній створ; W_2 – об'єм винесених наносів з ділянки крізь нижній створ; ΔW – результуюча балансу, рівна зміні об'єму відкладів (розмив/намив) в межах ділянки.

Додатня величина ΔW засвідчує переважання акумуляції наносів (винесено менше, ніж надійшло, тобто $\Delta W > 0$), від'ємна – процесів розмиву (винесено більше, ніж надійшло, тобто $\Delta W < 0$).

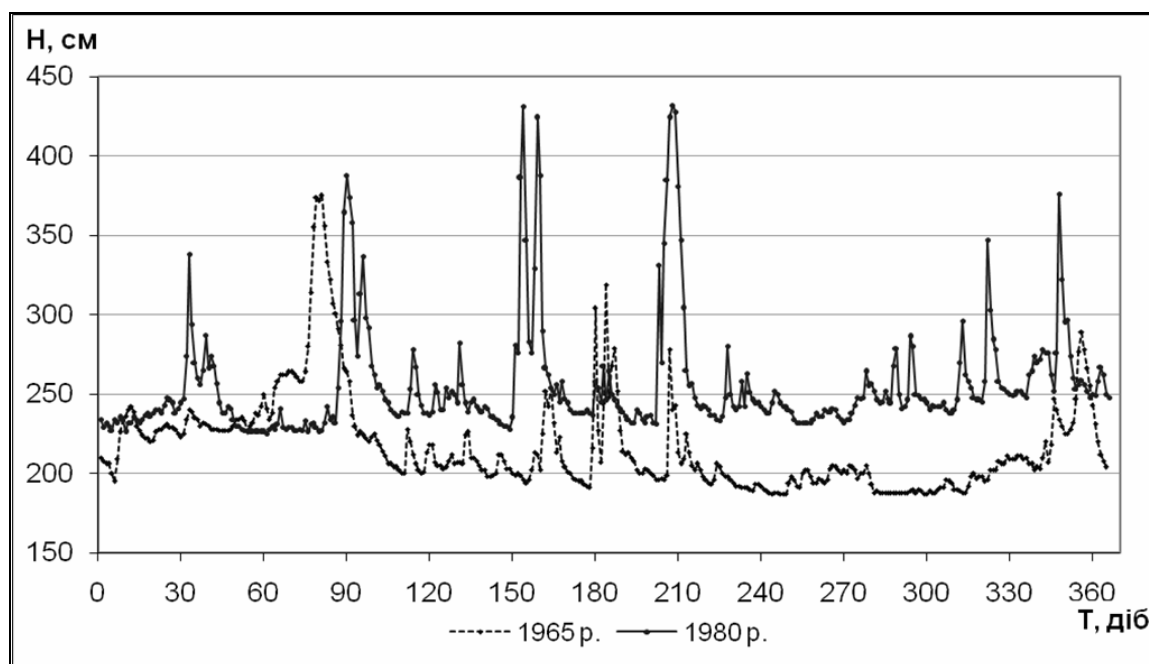


Рис. 2. Суміщені графіки коливань щоденних рівнів води за різні роки р. Свіж – смт Букачівці

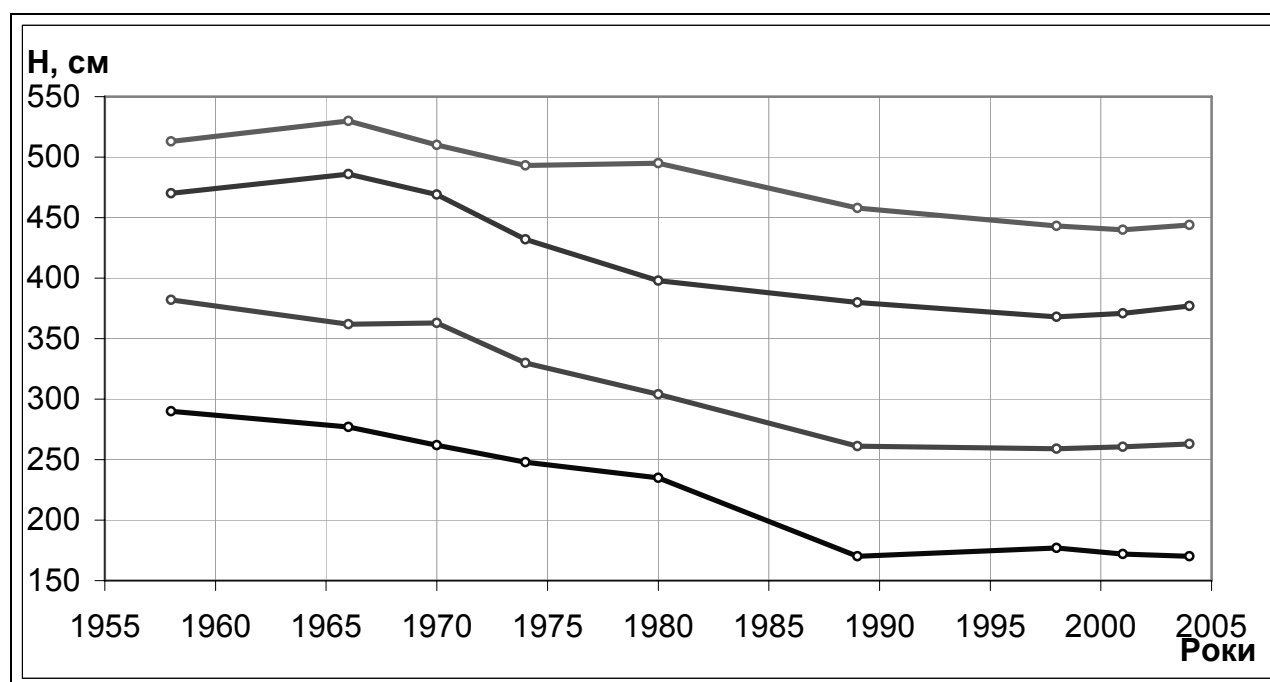


Рис. 3. Суміщені криві $Q = f(H)$ за різних витрат р. Дністер – м. Галич

Враховуючи приточність на досліджуваних ділянках річки М.І.Алексєєвський [8] запропонував визначати баланс наносів наступною тотожністю:

$$\Delta W \approx (W_{ep} + \sum_{i=1}^n W_{epi}) - W_{ak}, \quad (2)$$

де, W_{ep} та $W_{ак}$ – об'єми наносів, що надійшли до потоку в наслідок розмиву русла або ті об'єми, що перейшли у руслові відклади через їх акумуляцію; W_{epi} – об'єм наносів, що надійшов в річку з приток; n – кількість приток.

У більш повному написанні він пропонує враховувати надходження наносів з ярів $W_{ов}$, внаслідок осипів $W_{ос}$, зсувів $W_{зс}$, селевого винесення W_c , соліфлюкційних процесів $W_{сол}$, тощо:

$$\Delta W = (W_{ep} + \sum_{i=1}^n W_{epi} + W_{ов} + W_{ос} + W_{зс} + W_c + W_{сол}) - W_{ак}. \quad (3)$$

Проте, певним недоліком методу розрахунку балансу наносів є те, що враховуються лише завислі наноси. Такі наноси акумулюються переважно у межах заплави, тоді як їх надходження під час розмиву русла незначне. При цьому накопичення наносів на заплаві часто відбувається незалежно від спрямованості вертикальних деформацій русла. Виключенням є лише ті річки, для яких руслоформуючими є саме завислі наноси, а їх накопичення і надходження в потік внаслідок розмиву, відбувається в самому руслі [1, 3, 9]. Тому, врахування результуючої балансу наносів лише на основі завислої складової їх стоку може призвести до помилкових висновків щодо спрямованості та, особливо, темпів вертикальних руслових деформацій. Крім того, за значної протяжності ділянки річки даний метод не може претендувати на достатню точність. Це також підсилюється ще й тим, що ступінь гідрологічної вивченості не завжди дозволяє визначити характер наведених вище зв'язків та співвідношень.

Щодо зіставлення поперечних перерізів русла, а також аналізу суміщених поздовжніх профілів для деяких ділянок русла, ці методи досить достовірні, проте вимагають точної прив'язки на місцевості та досить трудомісткі. Вони також не надають континуальної оцінки розвитку вертикальних деформацій по всій протяжності водотоку.

Окрім наведених розрахункових методів, часто спрямованість вертикальних деформацій оцінюється за морфологічними, динамічними та пов'язаними з ними іншими ознаками [3, 6]. Так на глибинну ерозію вказують такі ознаки як: поступове зменшення кількості рукавів у розгалуженому руслі, відсутність або слабкий розвиток заплавної багаторукавності на річках, трансгресивний характер зміщення островів, переважання на річці врізаних типів русла, східцеподібність поперечного перерізу русла тощо. Наявність процесу спрямованої акумуляції також підтверджується деякими морфологічними ознаками: збільшенням з часом кількості островів, регресивний ріст островів, широкий розвиток заплавної багаторукавності, формування обвалованого русла, наявність накладеної заплави та деякі інші ознаки.

Результати досліджень. Наявна кількість наукових методів та підходів дозволяє досить чітко виявити характер, спрямованість та інтенсивність вертикальних руслових деформацій. Проте, на наш погляд, необхідно підходити до вирішення вказаних завдань більш комплексно та широко.

Аналіз лише на основі, наприклад, оцінки кривих витрат навіть з урахуванням балансу завислих наносів не завжди може об'єктивно розв'язати завдання щодо виявлення вертикальних деформацій. На нашу думку необхідно застосовувати аналіз інших залежностей, які фіксуватимуть морфологічні та динамічні зміни русло-заплавного комплексу загалом. Такими залежностями можуть бути окрім відомої $Q = f(H)$, також зв'язок площі поперечного перерізу від витрати води $Q = f(W)$, швидкості потоку $Q = f(v)$, глибини русла $Q = f(h)$, ширини русла $Q = f(B)$, показника розпластаності русла $Q = f(B/h)$. Аналіз таких функціональних зв'язків дозволить фіксувати зміни на будь-якому ієрархічному рівні динамічної системи „потік-русло”, чітко відокремити вертикальні деформації від планових переформувань тощо.

У дослідженнях стоку наносів щодо виявлення вертикальних деформацій русел особливо гірських, передгірних річок, необхідно оперувати не стоком завислих, а переміщенням донних, тягнених наносів, так як саме такі є руслоформуючими.

Крім того, доцільно досліджувати вертикальні руслові деформації не локально, для окремого створу, а по всій протяжності водотоку, континуально, так як часто розрахункові створи можуть надати зовсім нехарактерну руслову ситуацію для конкретної річки в цілому.

Безперечно, окрім вищезгаданого, необхідно детально вивчати геологічні умови досліджуваного регіону з точки зору виявлення сейсмічних рухів земної кори та зміни абсолютних відміток земної поверхні; будь-які кліматичні зміни з усіма їх наслідками у межах всієї водозбірної площі досліджуваного водотоку; характер підстильних ґрунтів, залісеності території тощо. Особливо гостру увагу, тим більше на сучасному етапі, варто приділити антропогенному втручанню на еволюцію річкових систем. Наслідки від такого штучного навантаження можуть бути набагато більшими, ніж від природних факторів і загалом здатні змінити природну спрямованість прояву руслових деформацій.

Очевидно, вищезазначене є нагальними завданнями у дослідженнях вертикальних руслових деформацій на сучасному етапі.

Для вирішення вказаних задач, реалізації та послідовності нами запропоновано алгоритм оцінки вертикальних руслових деформацій (рис. 4).

Висновки. Оцінці вертикальних руслових деформацій присв'ячена досить значна кількість наукових праць. Проте, дана проблематика не розглядалася у широкому форматі, й через те, що вона багатоскладова, потребує уважного дослідження складових як окремо, так й у комплексі. Запропоновано нову комплексну методику аналізу вертикальних руслових деформацій на річках, яка представлена у вигляді алгоритму. Важливим елементом методики є аналіз функціональних залежностей між основними морфодинамічними параметрами річки, що дозволяє фіксувати як висотні, так і планові зміщення русел. Новий підхід дозволяє враховувати не лише природні, а також і антропогенні фактори що впливають на процеси руслоформування.

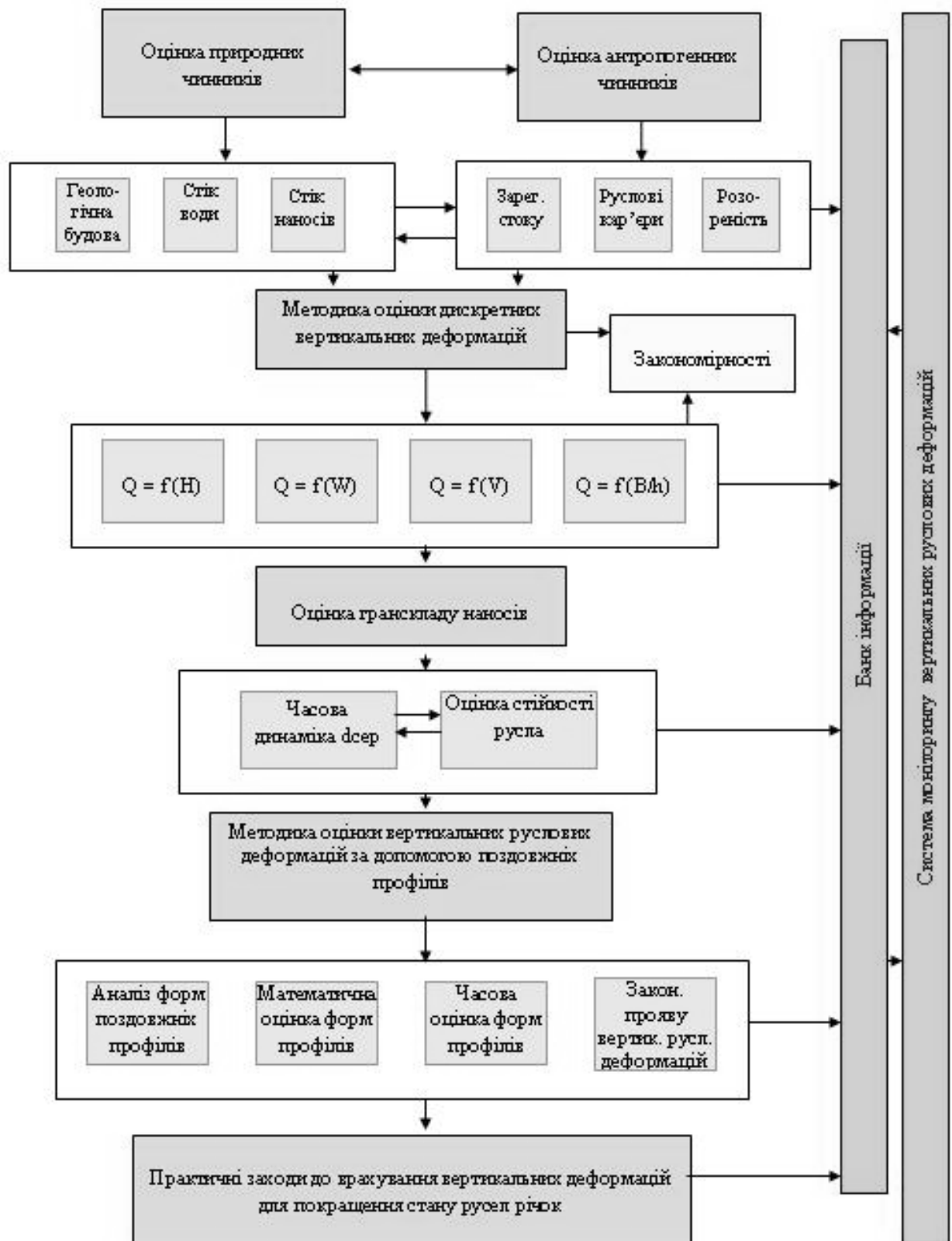


Рис. 4. Алгоритм оцінки вертикальних руслових деформацій

Список літератури

1. Маккавеев Н. И. Русловые процессы : учебник / Н. И. Маккавеев, Р. С. Чалов. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 264 с.
2. Базилевич В. А. Расчёт деформаций дна и берегов гравийно-галечных русел / В. А. Базилевич // Гидротехническое строительство. – 1976. – № 11. – С. 31–34.
3. Кондратьев Н. Е. Основы гидроморфологической теории руслового

процесса / Н. Е. Кондратьев, И. В. Попов, Б. Ф. Сنيщенко. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 272 с. 4. Русловые процессы и антропогенные переформирования русла нижней Томи и их влияние на ландшафты поймы / К. М. Беркович, С. Н. Рулёва., В. В. Сурков [та ін.] // Эрозия почв и русловые процессы. – 1998. – Вып. 11. – С. 215–240. 5. Цайтц Е. С. Определение просадки уровня воды при разработке руслового карьера / Е. С. Цайтц, А. Г. Ободовский // Метеорология, климатология, гидрология. – 1993. – Вып. 29. – С. 123-127. 6. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел / Р. С. Чалов. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 608 с. 7. Розлач З. В. Оцінка вертикальних руслових деформацій річок басейну Верхнього та Середнього Дністра на основі аналізу кривих витрат води / З. В. Розлач // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 12. – С. 122–131. 8. Алексеевский Н. И. Формирование и движение речных наносов / Н. И. Алексеевский. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 203 с. 9. Попов И. В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство / И. В. Попов. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – 328 с.

Підходи до оцінки вертикальних руслових деформацій

Розлач З.В.

Розглянуті підходи до оцінки вертикальних деформацій річкових русел. Запропоновано нову комплексну методіку аналізу вертикальних руслових деформацій з урахуванням природних та антропогенних чинників.

Ключові слова: русло річки, вертикальні деформації, ерозія, акумуляція, морфодинамічні параметри, методіка оцінки руслових деформацій.

Подходы к оценке вертикальных русловых деформаций

Розлач З.В.

Рассмотрены подходы к оценке вертикальных деформаций речных русел. Предложена новая комплексная методика анализа вертикальных русловых деформаций с учётом естественных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: русло реки, вертикальные деформации, эрозия, аккумуляция, морфодинамические параметры, методика оценки русловых деформаций.

Approaches to vertical river channel deformations assessment

Rozlach Z.V.

Approaches to vertical deformations of river channels were considered. New comprehensive method of vertical river channel deformations analysis considering environmental and anthropogenic factors was proposed.

Keywords: river channel, vertical deformations, erosion, accretion, morphodynamic parameters, method of vertical deformations assessment.

Надійшла до редколегії 24.11.2011

УДК 556.114:556.531(282.247.324)

Линник П.М.¹, Іванечко Я.С.¹, Линник Р.П.², Жежеря В.А.¹

¹*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ*

²*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

ВМІСТ, КОМПОНЕНТНИЙ СКЛАД ТА ДИНАМІКА РОЗЧИНЕНИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДІ ГИРЛОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ ДЕСНИ

Ключові слова: р. Десна; розчинені органічні речовини; гумусові речовини; вуглеводи; білковоподібні речовини

Постановка та актуальність проблеми. Розчинені органічні речовини (РОР) поверхневих вод як одна з найважливіших груп їхнього хімічного складу істотним чином впливають на якість водного середовища та розглядаються як джерело поживних елементів для водяних організмів [11, 15, 18]. Хімічний склад РОР надзвичайно складний і залежить значною мірою від їхнього походження. У більшості поверхневих водних об'єктів концентрація органічних речовин характеризується відносно невисокими величинами [11]. При цьому значну частину РОР поверхневих вод складають гумусові речовини (ГР) – гумінові та фульвокислоти (ГК і ФК).

До водних об'єктів органічні речовини надходять з водозбірної площі і з підземних водоносних горизонтів, з донних відкладів (алохтонні органічні речовини) та утворюються в них самих в результаті розвитку та життєдіяльності водяних організмів рослинного і тваринного походження (автохтонні органічні речовини) [11, 14, 15, 18, 19]. Безперечно, зазначені джерела надходження органічних речовин не рівноцінні, що залежить від типу водного об'єкта, його фізико-географічного розташування, рівня трофності та деяких інших характеристик.

В поверхневих природних водах РОР впливають на стан і біодоступність металів, у тому числі з вираженими токсичними властивостями, та органічних токсикантів за рахунок їх зв'язування в комплекси або ж утворення адуктів. В результаті змінюється не лише міграційна здатність речовин, але і їхня токсичність. Найчастіше детоксикація речовин відбувається за участю ГР та органічних сполук- екзометаболітів [12].

Дослідження РОР поверхневих вод часто обмежуються лише визначенням їхнього загального вмісту за такими характеристиками, як перманганатна та дихроматна окиснюваність води (ПО і БО, оскільки раніше вживався термін “біхроматна окиснюваність”). Визначають також концентра-

цію вуглецю органічних сполук ($C_{\text{орг}}$) з використанням аналізаторів або ж розраховують її на підставі даних про БО. Дослідження компонентного складу РОР проводяться меншою мірою з огляду на трудомісткість відповідних методик.

Метою нашої роботи було вивчення не лише загальних характеристик РОР, але і їхнього компонентного складу, зокрема дослідження вмісту ГР, вуглеводів та білковоподібних речовин (БПР), що часто складають основу РОР та належать до екологічно важливих груп органічних сполук. У роботі узагальнено та викладено результати досліджень РОР у воді гирлової ділянки р. Десни поблизу с. Хотянівка, які проводилися протягом 2011 р.

Матеріал і методи дослідження. Проби води відбиралися з поверхневого шару на глибині 0,3–0,5 м і доставлялися до лабораторії для подальших досліджень. Завислі речовини відокремлювали шляхом пропускання проб води через мембранні фільтри "Synpor" (Чехія) з діаметром пор 0,4 мкм. Одержані фільтрати об'ємом 0,5–1,0 дм³ потім послідовно пропускали через скляні колонки, заповнені целюлозними сорбентами ДЕАЕ (діетиламіноетилцелюлоза) і КМ (карбоксиметилцелюлоза) для розділення РОР на три групи: кислотну, основну і нейтральну, як це передбачено методикою [16]. В першій із зазначених груп концентруються переважно ГР, у другій – БПР, а в третій – вуглеводи. Важлива перевага целюлозних сорбентів полягає у тому, що досягається значне концентрування органічних речовин кислотної і основної груп (не менше, ніж у 20–40 разів). Для концентрування речовин нейтральної групи (зазвичай, в 10–12 разів) використовували виморожування [9]. Розділення речовин кожної з одержаних груп за молекулярною масою досягалось методом гель-хроматографії з використанням колонок, заповнених гелями HW-50F і HW-55F (Японія). Попередньо колонки були відкалібровані за допомогою речовин з відомою молекулярною масою – поліетиленгліколів (1,0, 2,0, 15,0 і 20,0 кДа) та білків – альбуміну з людської сироватки ($\approx 67,0$ кДа) і інсуліну ($\approx 6,0$ кДа). ПО і БО та кольоровість води (за дихроматно-кобальтовою шкалою) визначали за допомогою загальноприйнятих методик [1, 2]. Концентрацію $C_{\text{орг}}$ розраховували на підставі результатів визначення БО за формулою $C_{\text{орг}} = 0,375 \times \text{БО}$. Спектри поглинання та флуоресценції розчинів ГР у фракціях після гель-хроматографічного розділення реєстрували за допомогою спектрофотометра Unico UV 2800 та люмінесцентного спектрометра Perkin Elmer LS-55 з ксеноновою імпульсною лампою. Концентрацію ГР знаходили за градувальним графіком "Оптична густина при 254 нм – концентрація ГР (мг/дм³)". Для визначення концентрації вуглеводів і БПР застосовували методики фотометричного аналізу [7, 13].

Результати досліджень і їх обговорення. Річка Десна – одна з найбільших приток Дніпра, яка бере свій початок в Смоленській області Російської Федерації. Її довжина становить 1126 км, з яких 591 км припадає на територію України, площа басейну – 88900 км², у тому числі 41330 км² знаходиться в межах України. Середній багаторічний стік р. Десни становить

10,9 км³. Водозбір характеризується неоднорідністю: у верхів'ях він заболочений, а в середній і нижній течіях долина річки проходить у крейдових відкладах, дренуючи водоносні горизонти мергельно-крейдової товщі [4, 6, 10].

Формування органічних речовин у р. Десні відбувається під впливом вод, що стікають із заболочених водозборів [4, 6, 10]. Однак у складі органічних сполук значно менше забарвлених речовин гумусового походження порівняно з Дніпром. ПО води у гирлі Десни становить 5,0–12,0 мг О/дм³, а БО – 15,0–35,0 мг О/дм³. Концентрація вуглецю органічних сполук ($C_{\text{орг}}$) знаходиться в межах 4,0–11,0 мг/дм³. Кольоровість води як важливий показник вмісту ГР змінюється у доволі широкому інтервалі – від 8,0–80,0° у верхів'ї до 20–50° у гирловій ділянці [4, 10]. У сезонній динаміці органічних речовин Десни наявні весняний та осінній максимуми.

Як зазначалось вище, наші дослідження стосуються гирлової ділянки Десни. Нижче (рис. 1) наведено дані щодо сезонної динаміки загальних показників, які характеризують вміст РОР у воді зазначеної ділянки річки.

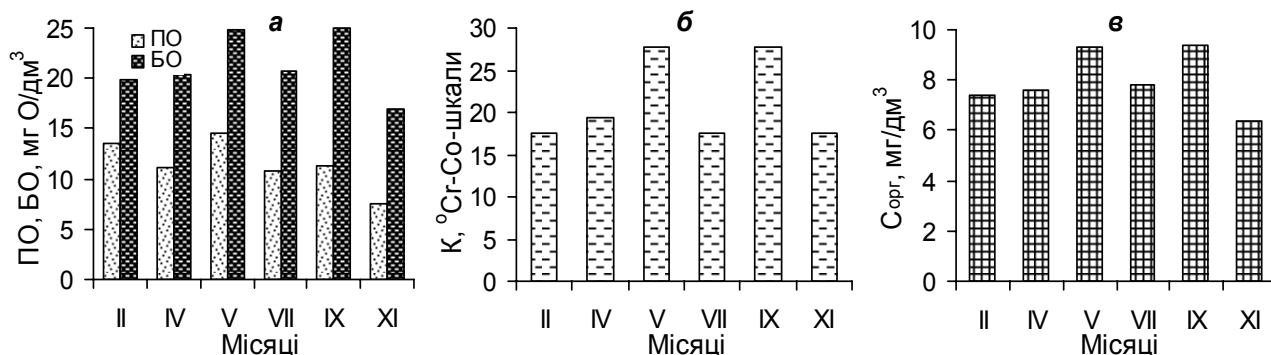


Рис. 1. Перманганатна і дихроматна окиснюваність (а) та кольоровість води (б) гирлової ділянки р. Десни і вміст у ній $C_{\text{орг}}$ (в) протягом 2011 р.

Величини ПО і БО води протягом року змінювалися в інтервалі 7,6–14,5 та 17,0–25,0 мг О/дм³, що свідчить про відсутність помітних змін цих показників за багаторічний період. Хоча за іншими даними [5] середньорічні величини БО води Десни на ділянці від м. Чернігова до гирла були дещо

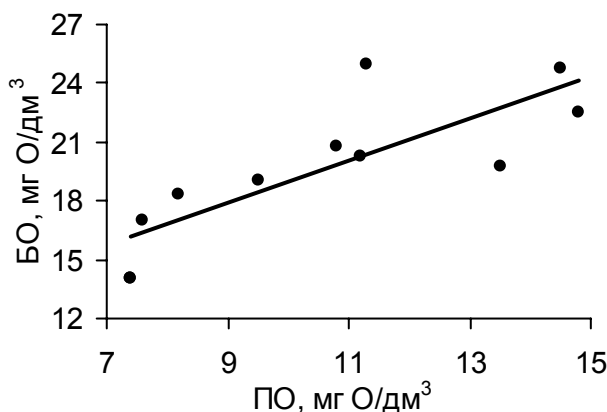


Рис. 2. Залежність БО від ПО для гирлової ділянки Десни, 2011 р.

вищі і становили протягом 2000–2004 рр. 27,5–32,2 мг О/дм³, що може бути зумовлено впливом як природних, так і антропогенних чинників у формуванні органічних речовин. Кольоровість води, як і вміст $C_{\text{орг}}$, також не виходять за межі наведених вище значень та характеризуються наявністю двох максимумів навесні і восени. Про причини їхньої появи йтиметься нижче.

Зв'язок між БО і ПО характеризується лінійною залежністю (рис. 2), яка виражається емпіричним рівнянням $БО = 1,08 \times ПО + 8,18$; $r = 0,81$, $n = 11$, де r – коефіцієнт кореляції, n – кількість проаналізованих проб води.

Найбільшою концентрацією серед РОР води Десни характеризуються ГР – від 10,2 до 15,2 мг/дм³ (рис. 3). При цьому помітні два максимуми, що характерні для весняного та осіннього періодів. Перший з них зумовлений надходженням ГР з водозбору у період весняного водопілля, тоді як поява другого може бути викликана внутрішньоводоймовими процесами утворення автохтонного гумусу. Однак це припущення потребує проведення додаткових досліджень. Переважання ГР у складі РОР характерне для поверхневих водних об'єктів. За різними даними, їхня частка досягає 60–80% [3]. При цьому у складі ГР домінують ФК, частка яких становить 90,0–95,0%. Результати дослідження вмісту ГР та динаміки сезонних його змін у воді Десни свідчать про відносно невисоку їхню концентрацію порівняно з іншими водними об'єктами, наприклад, з річками басейну Прип'яті, де вона значно вища [8]. Цілком вірогідно, що у верхів'ї Десни вміст ГР вищий, оскільки там болотиста місцевість.

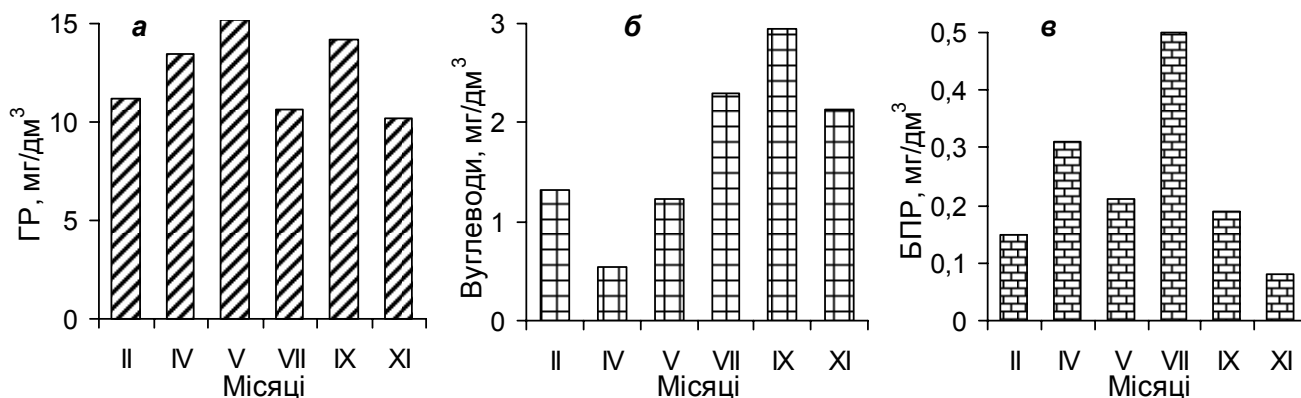


Рис. 3. Величини концентрації гумусових речовин (а), вуглеводів (б) і білкових сполук (в) у воді гирлової ділянки р. Десни протягом 2011 р.

Кольоровість води – одна з важливих характеристик вмісту в ній забарвлених органічних речовин, тобто ГР. Часто цей показник

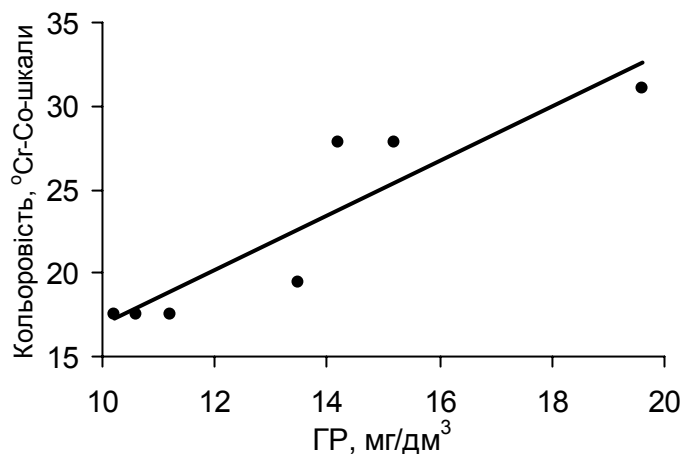


Рис. 4. Залежність кольоровості води р. Десни від концентрації ГР

використовується для оцінки їхньої концентрації [20]. Хоча відомо, що за такої оцінки можливі деякі похибки, оскільки, з одного боку, зазначений показник враховує лише забарвлені сполуки, а безбарвний гумус залишається поза увагою, а з іншого, забарвлення води може бути зумовлене наявністю не лише ГР, а й інших сполук, у тому числі неорганічного походження, що може стати причиною

завищеного вмісту ГР. Проте нами досліджено залежність кольоровості води від концентрації ГР, яка виявилася лінійною (рис. 4) і виражається емпіричним рівнянням $K=1,64 \times \text{ГР} + 0,47$ з коефіцієнтом кореляції $r = 0,91$ при значимості 0,01 (K – кольоровість води). При цьому вміст ГР розраховано на підставі результатів спектрофотометричних досліджень.

Концентрація вуглеводів – другої за вмістом у воді групи органічних речовин – змінювалася протягом року від 0,6 до 3,0 мг/дм³ (див. рис. 3). Сезонна динаміка вмісту цієї групи РОР характеризується зростанням їхньої концентрації від весни до осені. Наявність у воді вуглеводів цілком залежить від інтенсивності розвитку фітопланктону та розкладу решток водоростей восени, коли відбувається їхнє відмирання [14]. БПР – це група РОР з відносно невисоким вмістом у воді – від 0,1 до 0,5 мг/дм³. Найбільші їхні концентрації проявляються навесні та влітку, що також залежить від розвитку та стану біотичної компоненти [15, 19].

Особливості молекулярно-масового розподілу органічних речовин. Дослідження молекулярно-масового розподілу ГР проводилися шляхом гел'єхроматографічного розділення і подальшого визначення їхньої концентрації у фракціях за допомогою спектрофотометричного і флуоресцентного методів. Нижче (рис. 5) наведено результати цього розподілу, одержані із застосуванням зазначених методів. Виявилось, що у загальному балансі ГР значну частину складають сполуки з молекулярною масою 20,0–5,0 кДа, які ми умовно відносимо до високомолекулярних. В окремі періоди їхня частка досягала більше 60,0% за даними спектрофотометричного визначення (див. рис. 5, а) та майже 40,0% за результатами флуоресцентного дослідження (див. рис. 5, б). Вагомий внесок у загальний баланс вносять також сполуки з меншою молекулярною масою, що не перевищує 2,0 кДа. За результатами флуоресцентного визначення, частка таких ГР в окремі періоди досягає більше, ніж 60,0% (див. рис. 5, б).

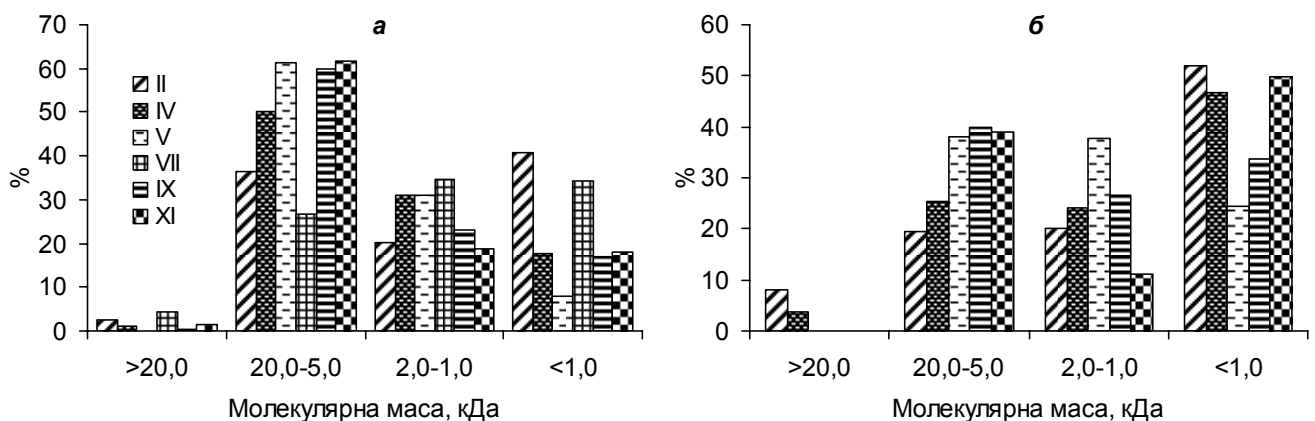


Рис. 5. Молекулярно-масовий розподіл ГР у воді р. Десни за результатами спектрофотометричних (а) та флуоресцентних (б) досліджень.

На цьому рисунку та на рис. 7 римськими цифрами позначено місяці відбору проб води

Співвідношення різних за молекулярною масою фракцій ГР істотно відрізняється залежно від того, за якими результатами (спектрофотометричного чи флуоресцентного визначення) проводились розрахунки їхньої концентрації та частки у загальному балансі. Для кожної з

фракцій різниця в її частці досягає майже 20,0%, що видно з усереднених даних, наведених на рис. 6. Зумовлено це різними причинами. По-перше, окремі фракції ГР характеризуються різною інтенсивністю флуоресценції. Фракції з меншою молекулярною масою мають більшу інтенсивність флуоресценції, ніж високомолекулярні [17], а тому другий максимум на гел'єхроматограмах часто більший, ніж перший.

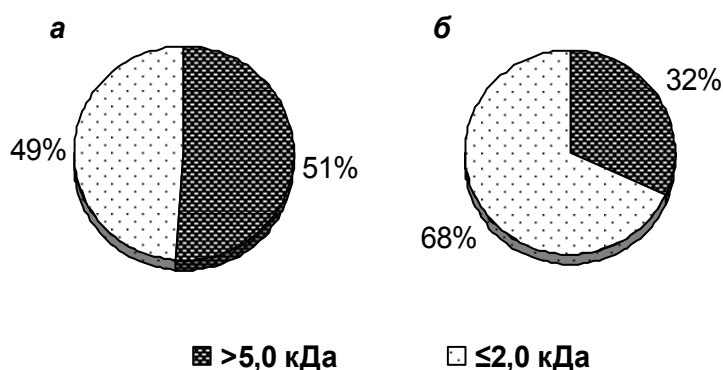


Рис. 6. Співвідношення різних за молекулярною масою фракцій ГР у воді гирлової ділянки Десни за результатами спектрофотометричного (а) і флуоресцентного (б) досліджень з урахуванням середньорічних величин.

По-друге, більшість металів у процесі комплексоутворення з ГР зумовлюють зниження інтенсивності флуоресценції. Тому цілком ймовірно, що зниження висоти першого максимуму, який за результатами спектрофотометричних досліджень завжди більший, якраз і пов'язане з комплексоутворенням.

Вуглеводи представлені широким інтервалом величин молекулярної маси (рис. 7, а), що свідчить про наявність у їхньому складі як простих редукованих сахарів, так і полісахаридів. При цьому частка вуглеводів з відносно невисокою молекулярною масою ($\leq 5,0$ кДа) становить 24,7–29,2%. Решту складають високомолекулярні речовини. Дещо подібний розподіл характерний і для білкових сполук (рис. 7, б). Однак у їхньому складі значно більше речовин з меншою молекулярною масою ($\leq 5,0$ кДа). Їхня частка у загальному балансі досягає 47,8–72,2%.

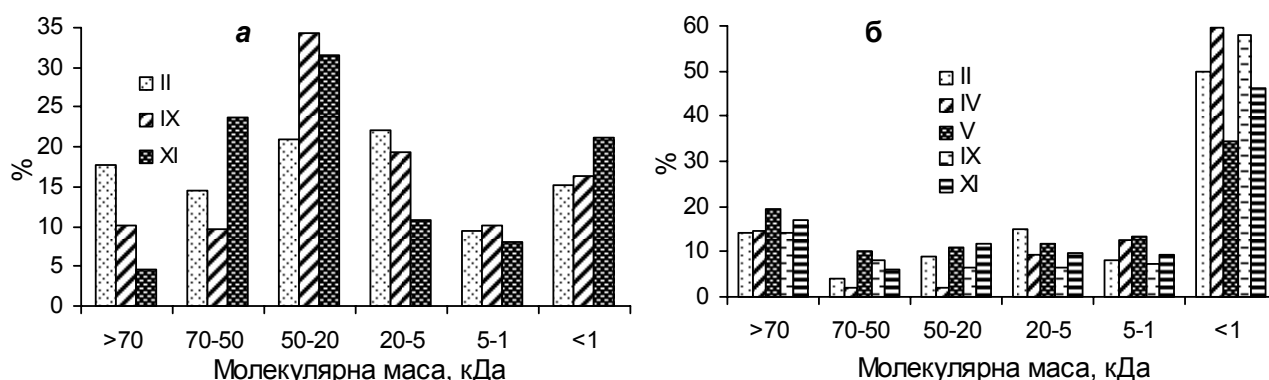


Рис. 7. Молекулярно-масовий розподіл вуглеводів (а) та БПР (б) у воді р. Десни.

На підставі середньорічних даних про вміст у воді окремих груп РОР нами розраховано частку кожної з них у загальному балансі (рис. 8). Розрахунки проводилися відносно $C_{\text{орг}}$. Як і слід було очікувати, на першому місці знаходяться ГР, друге займають вуглеводи, а третє – БПР. Частка інших органічних речовин становить приблизно 10,0%. Безперечно, ці розрахунки не можуть представлятися абсолютно точними, оскільки концентрацію $C_{\text{орг}}$

одержано також розрахунковим шляхом, виходячи з величин БО.

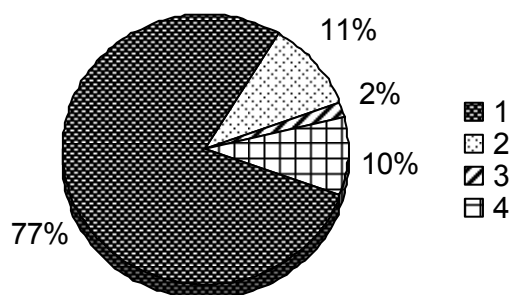


Рис. 8. Частка різних груп РОР у воді гирлової ділянки р. Десни (за середньорічними величинами).

1 – ГР, 2 – вуглеводи, 3 – білкові сполуки, 4 – інші органічні речовини.

Висновки. На підставі результатів проведених досліджень встановлено, що концентрація РОР у воді гирлової ділянки Десни знаходиться в межах 6,4–9,4 мг $C_{org}/дм^3$. Помітне зростання вмісту РОР спостерігається навесні та восени. У першому випадку це пов'язано з надходженням ГР з водним стоком під час весняного водопілля. Підвищення концентрації РОР восени зумовлене, вірогідно, формуванням автохтонного водного гумусу. У складі РОР найбільша частка належить ГР. Друге місце посідають вуглеводи, а в найменших концентраціях виявлено сполуки білкової природи. Максимальні концентрації вуглеводів характерні для літньо-осінньої пори, що зумовлено розвитком фітопланктону та деструкцією решток відмерлих водоростей і вищої водної рослинності. Вміст БПР досягає свого максимуму весною та влітку, що також пов'язано з розвитком та життєздатністю біотичної компоненти. Частка речовин, що не були ідентифіковані, досягає в середньому майже 10,0%.

Значна частина ГР представлена сполуками з відносно невисокою молекулярною масою, що не перевищує 2,0 кДа, хоча в окремі періоди переважають речовини з більшою молекулярною масою (>5,0 кДа). Серед вуглеводів домінують високомолекулярні сполуки, а частка речовин з найменшою молекулярною масою ($\leq 5,0$ кДа) становить лише 24,7–29,2%. Широкий спектр речовин характерний також для БПР, але серед них частка сполук з відносно невисокою молекулярною масою ($\leq 5,0$ кДа) виявилася досить високою і досягала 47,8–72,2%.

Список літератури

1. Аналітична хімія поверхневих вод / [Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.]. – К. : Наук. думка, 2007. – 456 с.
2. Ананьевская М. П. Руководство по химическому анализу воды / М. П. Ананьевская, Л. Г. Щекатурина. – Новочеркаськ : НЧПИ, 1960. – С. 39–41.
3. Варшал Г. М. О состоянии минеральных компонентов в поверхностных водах / Г. М. Варшал // Методы анализа природных и сточных вод (Проблемы аналитической химии, т. V). – М. : Наука, 1977. – С. 94–107.
4. Гидрохимия Днепра его водохранилищ и притоков / [А. М. Алмазов, А. И. Денисова, Ю. Г. Майстренко, Е. П. Нахшина]. – К. : Наукова думка, 1967. – 315 с.
5. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. Гідрохімічний довідник / [Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.]. – К. : Ніка-Центр, 2008. – 656 с.
6. Горєв Л. М. Гідрохімія України / Горєв Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. – К. : Вища шк., 1995. – 307 с.
7. Дебейко Е. В. Прямое фотометрическое определение растворимых

белков в природных водах / Дебейко Е. В., Рябов А. К., Набиванец Б. И. // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. 9, № 6. – С. 109–113. **8.** Линник П. Н. Содержание и формы миграции металлов в воде рек бассейна Припяти / Линник П. Н., Жежеря В. А., Зубенко И. Б. // Гидробиол. журн. – 2011. – Т. 47, № 6. – С. 90–107. **9.** Линник П. Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 270 с. **10.** Майстренко Ю. Г. Органическое вещество воды и донных отложений рек и водоемов Украины / Ю. Г. Майстренко. – К. : Наук. думка, 1965. – 240 с. **11.** Никаноров А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 352 с. **12.** Перминова И. В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра хим. наук. – М., 2000. – 50 с. **13.** Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / [Под ред. А. Д. Семенова]. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 542 с. **14.** Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко. – К. : Логос, 2008. – 342 с. **15.** Секи Х. Органические вещества в водных экосистемах / Х. Секи. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 200 с. **16.** Применение целлюлозных сорбентов и сефадексов в систематическом анализе органических веществ природных вод / [И. С. Сироткина, Г. М. Варшал, Ю. Ю. Лурье, Н. П. Степанова] // Журн. аналит. химии. – 1974. – Т. 29, № 8. – С. 1626–1633. **17.** Abbt-Braun G. Structural characterization of aquatic humic substances – the need for a multiple method approach / G. Abbt-Braun, U. Lankes, F.H. Frimmel // Aquat. Sci. – 2004. – Vol. 66. – P. 151–170. **18.** Aquatic ecosystems: interactivity of dissolved organic matter / Edited by Stuart E. G. Findlay, Robert L. Sinsabaugh. – San Diego: Academic Press, 2003. – 512 p. **19.** Kaiser E. Sources, transformation, and fates of riverine organic matter: a dissertation for the degree of doctor of natural sciences / E. Kaiser. – Zurich, 2002. – 170 p. **20.** McDonald S. Analytical chemistry of freshwater humic substances / S. McDonald, A.G. Bishop, P.D. Prenzler, K. Robards // Analyt. Chim. Acta. – 2004. – Vol. 527. – P. 105–124.

Вміст, компонентний склад та динаміка розчинених органічних речовин у воді гирлової ділянки річки Десни

Линник П.М., Іванечко Я.С., Линник Р.П., Жежеря В.А.

Розглянуто результати досліджень РОР у воді гирлової ділянки р. Десни. Показано сезонну динаміку концентрації РОР за такими загальними характеристиками як перманганатна та біхроматна окиснюваність води і вміст $C_{орг}$. Виявлено зростання концентрації РОР навесні та восени, що пояснюється збільшенням вмісту ГР. Серед РОР найбільшу частку займають ГР (в середньому 77,0%). Частка вуглеводів та білкових сполук становить відповідно 11,0 та 2,0%, а решту ($\approx 10,0\%$) складають інші органічні речовини. У складі ГР частки сполук з більшою ($>5,0$ кДа) та з меншою ($\leq 2,0$ кДа) молекулярною масою, за результатами спектрофотометричних досліджень, приблизно однакові, а за результатами флуоресцентних досліджень переважають речовини з молекулярною масою $\leq 2,0$ кДа (68,0%). Вуглеводи та БПР характеризуються широким інтервалом молекулярної маси. Серед перших домінують полісахариди. У складі БПР значну частину (47,8–72,2%) займають сполуки з відносно невисокою молекулярною масою (5,0–1,0 і $<1,0$ кДа).

Ключові слова: р. Десна; розчинені органічні речовини; гумусові речовини; вуглеводи; білковоподібні речовини.

Содержание, компонентный состав и динамика растворенных органических веществ в воде устьевое участка реки Десны

Линник П.Н., Иванечко Я.С., Линник Р.П., Жежеря В.А.

Рассмотрены результаты исследований РОВ в воде устьевое участка р. Десны. Показана сезонная динамика концентрации РОВ по таким общим характеристикам как перманганатная и бихроматная окисляемость воды и содержание $C_{орг}$. Обнаружено увеличение концентрации РОВ весной и осенью, что объясняется возрастанием содержания ГВ. Среди РОВ наибольшая доля приходится на ГВ (в среднем 77,0%). Доля углеводов и белковых соединений составляет соответственно 11,0 и 2,0%, а остальное ($\approx 10,0\%$) занимают другие органические вещества. В составе ГВ содержание веществ с большей ($>5,0$ кДа) и меньшей ($\leq 2,0$ кДа) молекулярной массой, по результатам

спектрофотометрических исследований, примерно одинаковое, а по результатам флуоресцентных исследований преобладают вещества с молекулярной массой $\leq 2,0$ кДа (68,0%). Углеводы и белковоподобные вещества характеризуются широким интервалом молекулярной массы. Среди первых доминируют полисахариды. В составе БПВ значительную часть (47,8–72,2%) занимают соединения с относительно невысокой молекулярной массой (5,0–1,0 и $< 1,0$ кДа).

Ключевые слова: р. Десна; растворенные органические вещества; гумусовые вещества; углеводы; белковоподобные вещества.

The content, component composition and dynamics of the dissolved organic substances in water of the Desna River mouth

Linnik P.N., Ivanechko Ya.S., Linnik R.P., Zhezherya V.A.

Results of investigations of DOM in water of mouth of the Desna River are considered. Seasonal dynamics of DOM concentration under such general characteristics as chemical oxygen demand (by permanganate and dichromate determination) and content of C_{org} is shown. The increasing in DOM concentration in the spring and in the autumn is showed, that is explained by increasing of HS concentration. HS make up the greatest share among the DOM (on the average 77,0%). The share of carbohydrates and protein-like substances makes accordingly 11,0 and 2,0%, and the rest ($\approx 10,0\%$) borrow other organic substances. In composition of HS, by results of spectrophotometric investigations, the content of substances with greater ($> 5,0$ kDa) and smaller ($\leq 2,0$ kDa) molecular weight is about identical, and by results of fluorescent investigations the substances with molecular weight $\leq 2,0$ kDa are prevailed (68,0%). Carbohydrates and protein-like substances are characterized by wide interval of molecular weight. Among the first polysaccharides are dominated. In composition of protein-like substances a significant part (47,8–72,2%) borrow compounds with rather low molecular weight (5,0–1,0 and $< 1,0$ kDa).

Keywords: the River Desna; dissolved organic substances; humic substances; carbohydrates; protein-like substances.

Надійшла до редколегії 22.11.2011

УДК 504.064

Гірій В. А., Колісник І. А., Косовець О. О., Кузнєцова Т. О.

Центральна геофізична обсерваторія МНС України, м. Київ

ДИНАМІКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТТЯ

Ключові слова: водні об'єкти, екологічний стан, гідрохімічні, гідробіологічні та радіаційні показники

Спостереження за екологічними станом водних об'єктів на території України проводяться на мережі національної гідрометеорологічної служби за гідрохімічними, гідробіологічними та радіаційними показниками.

Моніторинг стану забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками проводиться на 151 водному об'єкті (127 річках, 15 водосховищах, 7 озерах, 1 каналі, 1 лимані) у 240 пунктах, 373 створах. Щороку на цих пунктах і створах відбирається і аналізується близько 4 тис. проб, в яких визначається до 46 гідрохімічних показників якості води.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

В останнє десятиріччя, незважаючи на те, що зі спадом виробництва зменшились скиди забруднювальних речовин у поверхневі води, якість їх за гідрохімічними показниками на більшості водних об'єктів не відповідала нормативам рибогосподарського призначення за такими найбільш розповсюдженими речовинами, як сполуки важких металів, амонійний та нітритний азот, сульфати, нафтопродукти, феноли.

Протягом 2001-2010 рр. у поверхневих водах країни кисневий режим річок і водосховищ був загалом задовільний. Проте на річках Полтва (міста Львів, Буськ – пункти хронічного забруднення), Західний Буг (міста Буськ, Кам'янка-Бузька), Південний Буг (м. Хмельницький), Устя (м. Рівне), Трубіж (смт Баришівка), Бахмут (м. Артемівськ) відмічались окремі випадки дефіциту кисню чи повної його відсутності.

У басейні *Західного Бугу* хронічно високим забрудненням характеризувалась р. Полтва, де постійно спостерігався високий середній вміст сполук азоту – від 11 до 21 ГДК, азоту нітритного – до 14 ГДК. Вміст важких металів у воді також залишався високим.

У басейні *Дунаю* відмічена тенденція до зменшення у воді сполук азоту, у воді самого Дунаю – нафтопродуктів. У притоках Дунаю в період з 2005-2009 рр. спостерігалось підвищення вмісту нафтопродуктів до 1-19 ГДК, а у 2010 р. зафіксовано їх зниження до 1-4 ГДК. На початку десятиріччя характерні були високі концентрації для сполук міді - у межах 1-43 ГДК, цинку – 1-27 ГДК, але в останні роки їх вміст у воді поступово знижується.

У воді *Дністра* спостерігався стабільний вміст сполук азоту у межах 1-5 ГДК і тенденція до зменшення сполук цинку та марганцю до <1-2 ГДК, фенолів до 1-4 ГДК. Залишаються високими концентрації сполук міді – в окремі роки до 23 ГДК. Найбільш забрудненими водними об'єктами водозбору є річки Тисмениця, Стрий, Лімниця, Бистриця Солотвинська, Золота Липа, Серет, Коропець.

У воді *Південного Бугу* в останні п'ять років намітилась тенденція до зменшення вмісту сполук міді та марганцю, зростання - сполук цинку. Залишаються високими середньорічні концентрації сполук азоту до 10 ГДК у воді Південного Бугу в районі м. Хмельницький.

У воді *Дніпра* протягом багатьох років відмічається невисокий рівень забруднення сполуками азоту та нафтопродуктами. У притоках Дніпра середні концентрації сполук азоту були більші, їх середній вміст з 2004 по 2010 рр. підвищився до 1-12 ГДК. Разові концентрації сполук азоту досягали рівня високого забруднення і найбільший їх вміст спостерігався у воді річок Стир, Горинь, Устя, Случ, Тетерів, Трубіж, Гнилоп'ять – 16-29 ГДК. З 2002р. відмічена тенденція до зменшення середнього вмісту нафтопродуктів до <1-6 ГДК.

Незважаючи на деяку позитивну тенденцію до зменшення в останні роки вмісту важких металів, концентрації їх у річках залишаються ще досить суттєвими. Помітно забруднені сполуками важких металів річки Горинь, Случ, Унава, Уборть, Десна, Гнилоп'ять, Тетерів, Ірша, Десна, Хорол, Ворскла, Сула, Псел, Самара, Вовча – 1-30 ГДК.

Річки *Криму та Північно-Кримський канал* були найменш забруднені речовинами антропогенного походження, вміст забруднювальних речовин у більшості річок був значно нижче рівня ГДК. Але у воді річок Дерекойка, Демерджи, Ускут, Таракташ, Салгир, Малий Салгир у 2004 р. відмічалось підвищення середньорічних концентрацій азоту нітритного у межах 1-13 ГДК. У річках Криму концентрації важких металів, взагалі, є найнижчими серед усіх поверхневих вод України.

Річки *Приазов'я* відносяться до найбільш високо мінералізованих, за вмістом сульфатів у деяких з них постійно відмічались випадки високого забруднення. Найбільш забрудненими водними об'єктами залишаються р.Кальміус (міста Донецьк і Маріуполь), р. Кринка (с. Новоселівка), р.Кальчик (с.Кременівка, м.Маріуполь), р. Булавин (м. Єнакієве). Вміст азоту нітритного у річках протягом багатьох років залишається стабільно високим, середні концентрації його змінювались у межах 1-53 ГДК (це найбільші значення з усіх водних об'єктів України). Вміст сполук міді та марганцю у річках теж достатньо високий. Починаючи з 2003 р. спостерігається тенденція до зменшення у воді річок цього регіону нафтопродуктів. Вміст фенолів протягом років практично не змінювався.

Для басейну *Сіверського Донця* традиційним є забруднення води сполуками азоту (особливо азотом нітритним), також сполуками марганцю, міді, хрому шестивалентного. Максимальні концентрації цих хімічних речовин відмічались постійно в районах крупних промислових центрів (Харків, Слов'янськ, Артемівськ, Дружківка, Луганськ). За останнє десятиріччя відмічено суттєве зменшення у воді нафтопродуктів; за період з 2005 - 2010 роки зросли концентрації сполук міді, залишається високий вміст сполук марганцю [1].

Таким чином, у переважній більшості річкових басейнів тривалий час спостерігається сприятлива тенденція до зменшення вмісту у воді мінеральних сполук азоту, крім річок Приазов'я, Західного Бугу, Сіверського Донця, де концентрації сполук азоту залишаються стабільно високими.

У водних об'єктах басейнів Дніпра, Сіверського Донця, Приазов'я спостерігається тенденція до зменшення у воді нафтопродуктів.

Рівень забруднення поверхневих вод важкими металами залишається високим, незважаючи на деяке їх зменшення у більшості водних об'єктів. Найменший вміст важких металів відмічається у водних об'єктах Криму.

За екологічною оцінкою стану і ступеню чистоти водних об'єктів (за середніми концентраціями) басейни Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Донця, Дніпра, річок Криму відносяться до II класу, 3 категорії: за станом добрі, за ступенем чистоти - досить чисті; басейни річки Західний Буг, річок Приазов'я належать до III класу, 4 категорії: за станом – задовільні, за ступенем чистоти – слабо забруднені.

Але за максимальними концентраціями басейни річок Приазов'я та Сіверського Донця можна віднести до V класу, 7 категорії: тобто за станом - дуже погані, за чистотою – дуже брудні [2].

Гідробіологічні спостереження на водних об'єктах по території України виконувалися на річках та водосховищах басейнів Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Дніпра, Сіверського Донця та річках Приазов'я за двома напрямками:

1. Біоіндикація (оцінка якості вод за гідробіологічними показниками: фітопланктон, зоопланктон, макрозообентос, фітобентос, вища водна рослинність).

2. Біотестування (визначення хронічної токсичності вод за показниками біологічних реакцій тест-об'єкта *Ceriodaphnia affinis*).

Спостереження проводились на 53 водних об'єктах (46 річках та 7 водосховищах) в 96 пунктах і 180 створах.

За даними гідробіологічних спостережень здатність гідробіоценозів річкової системи *Західного Бугу* до саморегулювання та самовідтворення була дуже низькою. Найбільш забрудненою ділянкою річки були створи м. Буськ (III-IV клас якості вод). Планктонні угруповання р. Полтва були сильно збіднені, екологічний стан річки залишався загрозливим (IV клас якості).

У басейні *Дунаю* гідробіологічні спостереження проводились на річках: Дунай, Тиса, Латориця, Уж, Прут. Екологічний стан Дунаю був відносно благополучним, забруднення вод помірним. У 2008 р. за показниками макрозообентос та перифітон вода гірських приток Дунаю відповідала II класу якості. Якість води р. Прут на ділянці м. Чернівці характеризувалась III класом.

Несприятлива екологічна ситуація склалась на р. *Дністер* поблизу м. Галич. На ділянці м. Могилів-Подільський, крім впливу забруднення, вона ще обумовлена особливостями термічного та гідрологічного режимів вище розташованого Дністровського водосховища. Найбільш неблагополучний екологічний стан визначався на притоках Стрий та Тисмениця, де масово розвивались види-індикатори органічного забруднення.

Стан екосистеми *р. Південний Буг* у районі м. Вінниця був стабільним та благополучним. На нижній ділянці (м. Первомайськ) біоценози знаходились під сильним антропогенним тиском, сапробіологічна ситуація була несприятливою. Внаслідок тривалого кризового періоду (90-і роки – початок XXI ст.), який характеризувався спадом промисловості та сільського господарства, на р. Інгул екологічний стан суттєво покращився, спостерігалось зростання чисельних характеристик та різноманітності гідробіоценозів.

На річках *басейну Дніпра* – Дніпро, Горинь, Устя, Тетерів, Десна, Рось, Псел, Інгулець, Прип'ять, Устя, екологічна ситуація була досить благополучною (III клас якості). Для річок Тетерів (м. Житомир) та Десна (м. Чернігів) була виявлена тенденція погіршення стану гідробіоценозів на нижче розташованих створах порівняно з верхніми. Найгірша якість вод в басейні Дніпра протягом десятиріччя була в річках Мокра Московка та Стир. На цих водних об'єктах спостерігались процеси повільного погіршення

екологічної ситуації, в планктоценозах домінували β - α -мезосапробні організми – індикатори забруднених вод.

На всіх водосховищах дніпровського каскаду суттєвих змін у стані гідробіоценозів протягом 2001-2010 років не виявлено. Практично кожного року за рахунок збільшення біомаси синьо-зелених та діатомових водоростей спостерігалось “цвітіння” вод у Київському, Кременчуцькому та Дніпродзержинському водосховищах.

Стан планктонних біоценозів *річок Приазов'я* - Кальміус, Кальчик, Булавин був відносно благополучний (III клас якості), відмічено збільшення евтрофікації вод за рахунок підвищення вмісту біогенних речовин.

У *басейні Сіверського Донця* найгірша якість вод визначалась на ділянці р. Сіверський Донець в районі міст Зміїв та Ізюм, де спостерігався стійкий неблагополучний стан донних біоценозів - IV клас якості вод. На річках Казенний Торець, Кривий Торець, Біленька, Бахмут періодично відмічалась початкова стадія «цвітіння» води. З 2006 р. на річках Лугань, Уда, Лопань, Харків стан гідробіоценозів покращився, екологічна ситуація стабілізувалась - III клас якості.

Узагальнюючи результати спостережень стану забруднення поверхневих вод на території України за гідробіологічними показниками варто зазначити, що у порівнянні з поверхневими водами інших річкових басейнів поверхневі води Сіверського Донця та Приазов'я більш забруднені і переважно відповідають III – IV класу якості [3].

Показники **радіаційного забруднення** поверхневих вод визначаються мережею національної гідрометслужби у 9 створах на річках Дніпро, Десна, Дунай та Південний Буг. Спостереження за радіоактивним забрудненням дніпровських водосховищ здійснювались, в основному, у їх нижніх частинах (у верхніх б'єфах ГЕС). У відібраних пробах поверхневих вод визначався вміст природних та техногенних радіонуклідів: ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr .

Радіаційний стан водних об'єктів басейну Дніпра на початку XXI сторіччя, як і в інші роки після аварії на Чорнобильській АЕС, визначався переважно техногенними радіонуклідами, що змиваються із водозборів, які були забруднені внаслідок аварійних викидів. Головним шляхом надходження радіонуклідів у Київське водосховище та їх подальшої міграції по каскаду дніпровських водосховищ залишаються річки Прип'ять та Верхній Дніпро [4].

Аналіз даних спостережень за вмістом радіонуклідів у воді Дніпровського каскаду у післяаварійні роки дозволяє стверджувати, що їх концентрація залежить в першу чергу від водності та гідрологічного режиму на забруднених водозборах та інтенсивності змиву поверхневими водами з ландшафтів зони відчуження (ЗВ) в окремі роки.

У багатоводні роки при проходженні високих весняних повеней та дощових паводків, а також при заторно-зажорних явищах взимку на р. Прип'ять, коли відбувалось затоплення заплави у ближній зоні ЧАЕС, відмічалось зростання вмісту радіонуклідів у прип'ятській воді та збільшення їх виносу за межі ЗВ. Так, затоплення заплавної території Прип'яті у

зимовий період внаслідок заторних явищ відбувалось у 1991 і 1994 роках, що призвело до суттєвого забруднення води Прип'яті ^{90}Sr і викликало відповідне зростання вмісту цього радіонукліду у дніпровській воді вздовж всього каскаду. Високі дощові паводки у літньо-осінній період, які відчутно вплинули на збільшення концентрацій та виносу ^{90}Sr , проходили у 1988 і 1993 роках. Затоплення значних площ найбільш забруднених територій лівобережної та правобережної заплави Прип'яті спостерігалось при проходженні високого весняного водопілля у 1999 р., що також суттєво вплинуло на рівень радіоактивного забруднення р. Прип'ять та, як наслідок, усього каскаду дніпровських водосховищ.

Слід зауважити, що вміст ^{137}Cs у дніпровській воді менше залежить від водності та гідрологічного режиму річки Прип'ять, що зумовлено його більшою здатністю фіксуватися ґрунтовим поглинаючим комплексом на водозборах. Загалом, концентрація ^{137}Cs має більш сталу тенденцію до зниження.

Певна кількість радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs потрапляє до дніпровських водосховищ із стоком Верхнього Дніпра і Десни, але внесок цих річок у радіоактивне забруднення каскаду порівняно з р. Прип'ять значно менший. За нашими розрахунками, в останні роки винос ^{90}Sr водами Верхнього Дніпра складає близько 10-15% від виносу Прип'яті, а ^{137}Cs - близько 12-19% [5].

Загалом, за даними ДСНВП «Екоцентр» МНС України, річний винос ^{90}Sr річкою Прип'ять у створі м. Чорнобиль у 2010 р. склав $2,2 \times 10^{12}$ Бк, що у 1,4 рази менше, ніж 10 років тому; винос ^{137}Cs склав $0,87 \times 10^{12}$ Бк, тобто зменшився за цей період у 1,8 разів.

У каскаді дніпровських водосховищ під впливом різних природних факторів відбувається трансформація стоку радіонуклідів, що надходять з річковими водами із забруднених територій, і поступове зменшення їх концентрацій по довжині каскаду внаслідок природних процесів самоочищення водних мас. Важливими природними факторами самоочищення водних мас є: адсорбція радіонуклідів на твердих завислих частках і їх осадження у донні відклади, розбавлення забруднених вод більш чистими водами приток, перерозподіл радіонуклідів між компонентами водної екосистеми, процеси природного розпаду. В результаті дії цих факторів концентрації ^{137}Cs при проходженні забруднених прип'ятських вод по каскаду водосховищ від Чорнобиля до верхнього б'єфу Каховської ГЕС зменшуються на два порядки і виходять на доаварійні значення¹. Концентрації ^{90}Sr на цьому шляху зменшуються лише у 3-4 рази, оскільки сполуки стронцію практично повністю розчиняється у воді і зниження його вмісту визначається в основному процесами розбавлення.

Так, у 2010 р. середня концентрація ^{137}Cs при проходженні забруднених прип'ятських вод від Чорнобиля до верхнього б'єфу Київської ГЕС зменшились від 51 до $9,5 \text{ Бк/м}^3$ (у 5,4 рази), а у воді Каховського водосховища концентрація ^{137}Cs складала вже $0,7 \text{ Бк/м}^3$ (у 73 рази нижче, ніж

¹ Концентрація ^{90}Sr і ^{137}Cs у поверхневих водах у доаварійний період становила 10-15 Бк/м³

у створі Чорнобиля). У 2001р. ці показники складали відповідно 111 Бк/м³, 29 Бк/м³ та 1,2 Бк/м³. Середні значення вмісту ⁹⁰Sr у воді при проходженні від Чорнобиля до Вишгорода у 2010 р. зменшились у 2,2 рази (від 120 до 54 Бк/м³). Вниз по Дніпру внаслідок розбавлення більш чистими водами бокових приток вміст ⁹⁰Sr у воді і далі знижувався і у Каховському водосховищі становив в середньому 27 Бк/м³, що у 4,4 рази нижче, ніж у Прип'яті (у 2001 році аналогічні показники забруднення ⁹⁰Sr становили 230 Бк/м³ у Прип'яті, 101 Бк/м³ у Київському водосховищі та 59 Бк/м³ у Каховському).

Вміст радіонуклідів у водах Дніпра (с. Неданчичі) та р. Десни (м.Чернігів) у 2010 р. знаходився на передаварійному рівні і був одним з найменшим за весь період спостережень після аварії на ЧАЕС: концентрація ⁹⁰Sr у воді в середньому за рік відповідно складала 7,7 та 5,7 Бк/м³ (у 2001 р. – 32 та 22 Бк/м³); а концентрація ¹³⁷Cs – відповідно 5,3 та 0,5 Бк/м³ (у 2001 р. – 10,0 та 2,6 Бк/м³).

Коливання концентрацій радіонуклідів у водах річок Південний Буг, Дунай (на українській ділянці) та у Дніпро-Бузькому лимані в останні роки відбуваються в межах, близьких до передаварійного рівня. Середній за 2010р. вміст ⁹⁰Sr у воді Дунаю в районі м. Ізмаїл складав 9,9 Бк/м³, ¹³⁷Cs – 0,76 Бк/м³ (у 2001 р. відповідно 18 та 1,5 Бк/м³); у воді Південного Бугу в районі м.Миколаїв концентрація ⁹⁰Sr дорівнювала 8,4 Бк/м³, ¹³⁷Cs – 1,2 Бк/м³ (у 2001р. відповідно 21 та 3,6 Бк/м³); у Дніпро-Бузькому лимані (в районі м.Очаків) концентрації ⁹⁰Sr та ¹³⁷Cs становили відповідно 12,4 та 3,4 Бк/м³ (10 років тому – 27 та 7,6 Бк/м³).

Спостереження, які виконують організації гідрометслужби в районах розташування діючих АЕС, не виявили помітного впливу атомних електростанцій на радіоактивне забруднення поверхневих вод. Об'ємна активність ⁹⁰Sr у поверхневих водах в зонах впливу П-УАЕС (р. Південний Буг), РАЕС (р.Стир), ХАЕС (р. Горинь) знаходилась протягом останніх років у межах 3,7-26,7 Бк/м³, в зоні впливу ЗАЕС (Каховське водосховище) вона була дещо вищою – 16,4-40,0 Бк/м³, оскільки визначала в першу чергу загальним забрудненням дніпровської водної системи внаслідок змиву радіонуклідів з водозбірних і заплавлених територій, що зазнали впливу аварійних викидів 4 блоку ЧАЕС [5].

Протягом 2001-2010 років у контрольованих органами гідрометслужби водних об'єктах України не зареєстровано перевищень допустимих рівнів вмісту радіонуклідів, встановлених ДР-2006, бо за санітарно-гігієнічними нормативами „Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах та питній воді (ДР-2006)” допустимі рівні цезію-137 та стронцію-90 у питній воді складають 2000 Бк/м³ (для кожного окремо).

Висновки. Таким чином, можна зробити висновки, що в останні роки вміст ⁹⁰Sr та ¹³⁷Cs у поверхневих водах на території України характеризується відносною стабільністю з незначним трендом зниження, на що у першу чергу впливають водозахисні заходи, які проводяться у зоні відчуження, та природні процеси самоочищення водних мас. Рівні забруднення води

практично досягли передаварійних значень і, якщо не буде несприятливих гідрологічних умов у басейні Прип'яті та Дніпра, радіаційний стан вод дніпровського каскаду водосховищ буде і надалі поліпшуватись.

Список літератури:

1. Щорічники про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за даними державної системи спостережень гідрометслужби за 2001-2010 роки. ЦГО – К., Рукопис. 2. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Мінекобезпеки України – К., 1998 р. 3. Щорічники про стан забруднення поверхневих вод суші на території України за гідробіологічними показниками за даними державної системи спостережень гідрометслужби за 2001-2010 роки. ЦГО – К., Рукопис. 4. *Войцехович О.В.* Управление качеством поверхностных вод в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС / О.В. Войцехович. – К. : Віпол, 2001. – 136 с. 5. Радіоактивне забруднення території України : Щорічники за 2001-2010 рр. [під ред. Косовця О.О.] ; ЦГО.

Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття

Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець, О. О., Кузнєцова Т.О.

У статті наводиться короткий опис стану забруднення поверхневих вод на території України за даними мережі спостережень національної гідрометслужби про гідрохімічні, гідробіологічні та радіоактивні показники за період 2001-2010 рр. Наводиться вміст хімічних речовин, які найбільше забруднюють поверхневі води, також характеризується екологічний стан водних об'єктів. Наводиться динаміка змін вмісту радіонуклідів в каскаді дніпровських водосховищ.

Ключові слова: водні об'єкти, екологічний стан, гідрохімічні, гідробіологічні та радіоактивні показники.

Динамика качества поверхностных вод Украины в начале ХХІ столетия

Гирий В.А., Колесник И.А., Косовец А.А., Кузнцова Т.А.

В статье приводится короткое описание состояния загрязнения поверхностных вод на территории Украины по данным сети наблюдений национальной гидрометслужбы по гидрохимическим, гидробиологическим и радиоактивным показателям за период 2001-2010 гг. Приводится содержание химических веществ, которые в большей степени загрязняют поверхностные воды, также характеризуется экологическое состояние водных объектов. Приводится динамика изменения содержания радионуклидов в каскаде днепровских водохранилищ.

Ключевые слова: водные объекты, экологическое состояние, гидрохимические, гидробиологические и радиоактивные показатели.

A dynamics over of quality of surface-water of Ukraine at the beginning of XXI century

Giriy V.A., Kolisnyk I.A., Kosovets O.O., Kuznetsova. T.O.

In the article is brought short description of the state of contamination of surface-waters on territory of Ukraine from data of network of national HMS on hydro-chemical, hydro-biological and radioactive indexes for period 2001-2010. Maintenance of chemical matters, which most contaminate water objects, their ecological state, dynamics of changes of maintenance of radio-nuclides in the Dnepr cascade of storage pools, is indicated.

Keywords: water objects, ecological state, hydro-chemical, hydro-biological and radioactive indexes.

Надійшла до редколегії 14.11.2011

УДК 581.57: (581.526.3:547.587:579.232)

Усенко О. М.

Інститут гідробіології НАН України, м.Київ

ВИДОВА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ВОДОРОСТЕЙ ДО ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ ВИЩИХ ВОДЯНИХ РОСЛИН

Ключові слова: резистентність, фітопланктон, вищі водяні рослини, культури водоростей, питома поверхня клітини, фенольні сполуки

Вступ. Розвиток народного господарства в значній мірі зв'язаний з інтенсифікацією використання водних ресурсів, що в свою чергу супроводжується забрудненням водою мінеральними та органічними речовинами.

Частину із них можна віднести до біологічно активних, що можуть стимулювати, або гальмувати функціональну активність гідробіонтів [4, 16]. Пул розчинених органічних речовин формується за рахунок екзометаболітів біоти, біохімічної і хімічної трансформації виділених у воду сполук, а також алохтонних забруднювачів водою.

Відгук водяних рослин (як нижчих, так і вищих) на забруднення води біологічно активними органічними речовинами у різних систематичних групах гідробіонтів відбувається по-різному [1]. Одні види водоростей випадають із альгоутгруповань при незначних концентраціях розчинених у воді ксенобіотиків чи автохтонних речовин. Для інших видів у цих же умовах не змінюється їх фізіологічна активність, а іноді навіть стимулюється. Перш за все слід відзначити принципову можливість поглинання органічних речовин із середовища. Відомо, що рослини здатні асимілювати такі біологічно активні речовини як феноли, хінони, карбонові кислоти, альдегіди, кетони, ефіри, глюкозиди, алкалоїди, вуглеводні тощо. Деякі з них у певних концентраціях спричиняють гальмування внутріклітинного метаболізму в окремих видів, в інших спостерігається сприятливий ефект при недостатніх умовах мінерального живлення [2]. Таким чином, фізіологічна дія яка буває позитивною і негативною, залежно від концентрації, пов'язана з різницею у ступені роз'єднання окислювального фосфорилування і дихання. Позитивний наслідок на ці процеси мають низькі дози фенольних речовин, бо при цьому створюється запас проміжних продуктів, що необхідні як вихідні матеріали для різних біосинтезів [3]. Коли ж роз'єднання поглиблюється, проміжних продуктів створюється більше, ніж потрібно, а дихання перебігає неефективно з втратами у вигляді тепла. В першому випадку стан рослини і її ріст стимульовані, в другому – настає загальне гальмування фізіологічної активності.

Хімічна взаємодія гідробіонтів в екосистемах відбувається на основі впливу на них цілого ряду біологічних й екологічних факторів: фізіологічного стану продуцентів екзометаболітів, циркадних змін фотосинтезу, росту клітин, репродукційних процесів, змін температури, освітлення, рН середовища, гідрологічних і гідрохімічних режимів. При цьому найпоширенішою стала теорія алелопатичного впливу вищих водяних рослин на планктонні водорості [9, 10]. На значення цього чинника, а саме, фенольних сполук у формуванні планктонних альгоутгруповань була звернена наша увага.

Матеріал і методика досліджень. Об'єктами досліджень служили альгологічно чисті культури синьозелених (*Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. HPDP-6, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. HPDP-26, *Phormidium autumnale* (Agardh) Gom. f. *uncinata* (Agardh) Kondrat. HPDP-35, *Oscillatoria limosa* Kuetz. HPDP-15) і зелених (*Chlorella vulgaris* Beijer. CCAP-211/11b) водоростей. У дослідях був використаний також фітопланктон Канівського водосховища.

Водорості вирощували на середовищі Фитцджеральда в модифікації А. Цендера й П. Горема №11 [7] при температурі 22–25°C і висвітленні лампами денного світла з інтенсивністю 4 клк (періодичністю світло/темрява – 16/8).

Підрахунок кількості клітин проводили загальноприйнятим методом [13].

Площа поверхні клітин водоростей розраховували як площа поверхні подібної їй фігури за допомогою методик Т. В. Паршиковой [1] й А. Б. Зотова [6]:

Oscillatoria, Phormidium. Фігура – циліндр (R, h)

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$$

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \text{ (бічна площа поверхні)}$$

Anabaena, Microcystis, Chlorella. Фігура – куля (R)

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3,$$

$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2$$

Питому поверхню клітини визначали в такий спосіб:

а) використовуючи геометричні формули й параметри лінійних розмірів клітини, розраховували значення обсягу ($V_{\text{кл.}}$) і площі поверхні ($S_{\text{кл.}}$);

б) на підставі рівності ($V_{\text{кл.}} \cdot p$, при $p = 1$) встановлювали співвідношення поверхні клітини до її маси :

$$(S/W)_{\text{кл.}} (\text{мкм}^2 \text{ мг}^{-1}) = S_{\text{кл.}} / W_{\text{кл.}} = S_{\text{кл.}} / V_{\text{кл.}};$$

в) перетворювали розмірність питомої поверхні клітини в $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$:

$$(S/W)_{\text{кл.}} (\text{м}^2 \text{ кг}^{-1}) = S_{\text{кл.}} / W_{\text{кл.}} (\text{мкм}^2 \text{ мг}^{-1}) 1000 [6].$$

Фенольні сполуки макрофіта *Glyceria maxima* (лепешняк великий) виділяли за методикою [12], а їхня кількість установлювали згідно [3].

Відносну швидкість росту водоростей (μ) визначали згідно [8]:

$$\mu = \frac{1}{x} \times \frac{dx}{dt},$$

де x – початкова біомаса водоростей; dx – приріст біомаси водоростей через певний час; dt – час росту культур.

Отримані результати були оброблені статистично [5].

Результати досліджень та їх обговорення. Особливості зміни структури альгоугруповань під впливом вищої водної рослинності досліджувалися нами в модельних дослідах. У вегетаційні посудини обсягом 10 дм³ вносили воду з Канівського водосховища (Україна) у період масового розвитку синьозелених водоростей. У досліджені варіанти вносили 434 й 868 мкг/дм³ фенолів, виділених з *Glyceria maxima*. Експозиція досліду становила 2, 4, 8 й 13 діб.

Зміни структури планктонних водоростей були зареєстровані як у контролі, так й у досліджених варіантах. При цьому в досліджених варіантах вони були значнішими. Якщо з початку досліду кількість клітин синьозелених водоростей становила 99,21%, то на 13 добу їх було 33,67%, при концентрації фенолів 434 мкг/дм³ – 1,63%, а при збільшенні концентрації цих речовин до 868 мкг/дм³ – 0,22%. При цьому в усіх варіантах досліду збільшувалася кількість клітин зелених водоростей: у першому випадку (контроль) до 41,55%, у другому до 83,22% й у третьому до 89,98% (рис 1).

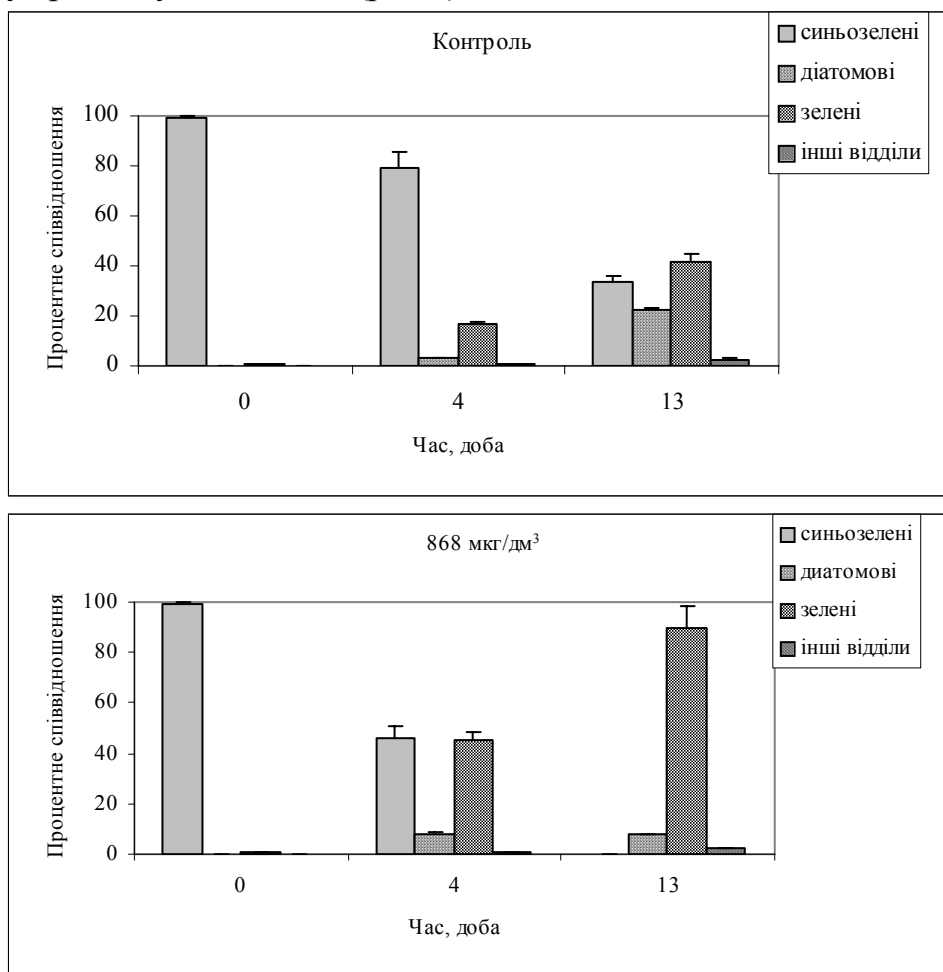


Рис 1. Зміна процентного співвідношення кількості клітин різних видів фітопланктону під впливом фенолів виділених з *Glyceria maxima*

Проведені досліді вказують на те, що феноли виділені вищими водяними рослинами є токсичними для планктонних синьозелених водоростей [15], стимулюють ріст зелених водоростей й інших еукаріотів при концентраціях, які зустрічаються в місцях зростання макрофітів (таблиця).

Таблиця Летальні для окремих видів водоростей концентрації поліфенолів макрофітів

0,1–0,5 мг/дм ³	0,6–0,9 мг/дм ³	> 1 мг/дм ³
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk. <i>Microcystis</i> <i>wesenbergii</i> (Komárek) Komárek in N.V.Kondrat <i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb. <i>Anabaena hassalii</i> (Kütz.) Wittr. <i>Aphanizomenon flos-</i> <i>aquae</i> (L.) Ralfs	<i>Oscillatoria tenuis</i> Ag. <i>Oscillatoria limosa</i> Kütz. <i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti in De Toni <i>Merismopedia major</i> (G.M.Sm.) Geitler <i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West <i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat <i>Lyngbya kuetzingii</i> (Kütz.) Schmid <i>Lyngbya limnetica</i> Lemm. <i>Calothrix braunii</i> Born. et Flah. <i>Hapalosiphon fontinalis</i> (Ag.) Born. emend. Elenk. <i>Nostoc muscorum</i> Ag. <i>Plectonema boryanum</i> Gom. <i>Phormidium bijugatum</i> Kongiss. <i>Tolypothrix tenuis</i> Kütz.	<i>Chlamydomonas monadina</i> Stein <i>Enallax acutiformis</i> (Schröd.) Hind. <i>Coelastrum sphaericum</i> Nag. <i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korsch.) Hegew. et Deason <i>Pandorina morum</i> (O.Müll.) Bory <i>Pediastrum duplex</i> Meyen <i>Crucigeniella irregularis</i> (Wille) Tsar. <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W.Sm. <i>Nitzschia recta</i> Hant. in Rabenh. <i>Oocystis borgei</i> Snow <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun. in Cl. et Grun. <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) emend. Defl. <i>Trachelomonas planctonica</i> Swir. <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr. <i>Tetrastrum triangulare</i> (Chod.) Kom. <i>Desmodesmus communis</i> (Hegew.) Hegew. <i>Coccomis placentula</i> Ehr. <i>Melosira varians</i> Ag. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Encyonema caespitosa</i> Kütz.

При цьому було встановлено, що найбільшого пригнічення серед планктонних синьозелених водоростей претерпають види, що визивають «цвітіння» води (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*).

Внесення в культуральне середовища деяких видів синьозелених водоростей фенілкарбонових кислот (ФКК) *Glyceria maxima* показало, що ці метаболіти в різній мірі гальмували виділення водоростями кисню (рис. 2). Зокрема встановлено, що комплекс ФКК досліджуваного макрофіта при концентрації 1,5 мг/дм³ повністю припиняв фотосинтез культури *M. aeruginosa*, менше впливав на фотосинтез *Anabaena* sp. I, вірогідно, не пригнічував виділення кисню культурами *Oscillatoria limosa* й *Phormidium autumnale* f. *uncinata*.

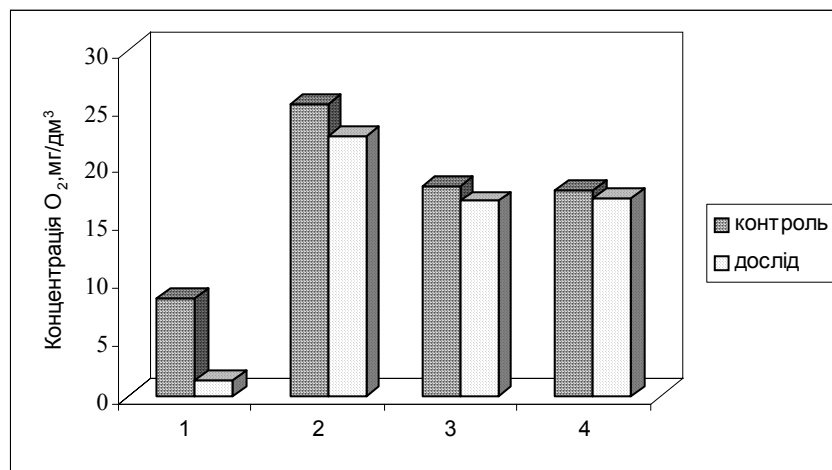


Рис. 2. Зміна інтенсивного виділення кисню клітинами водоростей під впливом фенілкарбонових кислот *Glyceria maxima* протягом 4 годин експозиції при освітленні:

1 – *Microcystis aeruginosa*, 2 – *Anabaena flos-aquae*, 3 – *Oscillatoria limosa*, 4 – *Phormidium autumnale. f. uncinata*

Коливання величин цих показників можуть значно змінюватися. Разом із цим, немає сумніву у тому, що максимальні величини питомої поверхні клітин *M. aeruginosa* найбільші. Можна припустити, що зі збільшенням питомої поверхні клітин водоростей зростає кількість поглинутих із середовища біологічно-активних речовин (БАР), внаслідок чого в клітинній масі збільшується концентрація цих речовин на одиницю біомаси.

Разом із цим розходження в питомій поверхні клітин водоростей не є єдиною причиною їхніх відповідних реакцій на екзогенні біологічно активні речовини.

Наші дослідження показали, що внесення в культуру *Chlorella vulgaris* 2 мг/дм³ кофейної кислоти не приводило до відмирання клітин цієї водорості. Питома поверхня клітин цієї зеленої водорості може бути навіть меншою (800 м²/кг), ніж в *Anabaena flos-aquae*. Спостережувані відмінності в реакції на вплив БАР очевидно, обумовлені тим, що у водоростей різного систематичного положення виділення й поглинання низькомолекулярних речовин через клітинні мембрани має певні особливості [11].

Висновки. Таким чином, одним із механізмів дії біологічно активних речовин на клітину є зміна проникності мембран. Серед них особливої уваги заслуговують речовини фенольної природи. При цьому, феноли різної хімічної структури стосовно водоростей проявляють різну активність. Залежно від кількісного співвідношення компонентів фенольних сполук, які продукуються вищими водними рослинами, їхня загальна кількість по-різному впливає на життєдіяльність окремих груп фітопланктону, являючись тим самим інгібіторами або стимуляторами фізіологічної активності водоростей.

Список літератури

1. Визначення ростових характеристик мікрowodоростей при проведенні моніторингу: Метод. реком. / [Т.В. Паршикова, С.Ф. Петренко, В.А. Порєв, І.П. Новикова]. – К. : Логос. – 2006. – 28 с.
2. Гродзинський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин / А. М.

Гродзинський. – К. : Наук. думка, 1973. – 206 с. **3.** Гродзинський А. М. Накопичення фенолів в ґрунті польового ценозу / Гродзинський А. М., Середюк Л. С., Крупа Л. І. // Доповіді АН УРСР. – 1981. – Серія Б, № 10. – С. 64–67. **4.** Гуревич Ф. А. Фитонциды водных и прибрежных растений, их роль в гидробиоценозах : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра биол. наук / Ф. А. Гуревич. – Иркутск, 1973. – 59 с. **5.** Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев – М. : Наука, 1984. – 423 с. **6.** Зотов А. Б. Характеристика удельной поверхности таксономических отделов фитопланктона Одесского региона / А. Б. Зотов // Альгология. – 2005. – № 2. – С. 195–204. **7.** Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / [Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипов Л. Ф. и др.] – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с. **8.** Мусієнко М. М. Фізіологія рослин / М. М. Мусієнко. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 392 с. **9.** Романенко В. Д. О механизме действия легкоокисляющихся фенолов на фотосинтетическую активность водорослей / Романенко В. Д., Сакевич А. И., Усенко О. М. // Гидробиол. журн. – 2006. – 42, № 2. – С. 87–97. **10.** Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко. – К. : Логос, 2008. – 345 с. **11.** Сакевич А. И. Особенности отклика пресноводных водорослей на внеклеточные биологически активные вещества / А. И. Сакевич, О. М. Усенко // Гидробиол. журн. – 2009. – 45, № 1. – С. 66–73. **12.** Солдатенков С. В. Анализ органических кислот растений методом ионообменных смол и хроматографии на бумаге / С. В. Солдатенков, Т. А. Мазурова // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1962. – С. 27–42. **13.** Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк – К. : Вища школа, 1984. – 333 с. **14.** Усенко О. М. Альгицидные свойства полифенолов в зависимости от структуры их молекул / О. М. Усенко, А. И. Сакевич // Гидробиол. журн. – 2004. – 40, № 4. – С. 97–105. **15.** Усенко О. М. Алелопатичний вплив вищих водяних рослин на функціональну активність планктонних синьозелених водорослей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Усенко Олег Михайлович ; І-н ботаніки ім. М. Г. Холодного. – К., 2007. – 23 с. **16.** Grakhov V. P. Study of the properties of allelopathic of various speceis and approaches for their control / V. P. Grakhov, N. P. Didyk // Biodiversity and Allelopathy: from arganisms to ecocystems in the Pacific. – Academia Sinica, Taipei, 1999. – P. 325–343.

Видова резистентність водорослей до екзометаболітів вищих водяних рослин

Усенко О. М.

В статті наведено дослідження за впливом екзометаболітів фенольної природи вищих водяних рослин на структуру альгоспівтовариств и культуру водорослей. Встановлена залежність проникності мембран від концентрації та компонентного складу фенольних сполук.

Ключові слова: резистентність, фітопланктон, вищі водяні рослини, культури водорослей, питома поверхня клітини, фенольні сполуки.

Видовая резистентность водорослей к экзометаболитам высших водных растений

Усенко О. М.

В статье приведены исследования по воздействию экзометаболитов фенольной природы высших водных растений на структуру альгосообществ и культуры водорослей. Установлена зависимость проницаемости мембран от концентрации и компонентного состава фенольных соединений.

Ключевые слова: резистентность, фитопланктон, высшие водные растения, культуры водорослей, удельная поверхность клеток, фенольные соединения.

Species resistance of algae to exometabolites of higher aquatic plants

Usenko O. M.

Results of the study of the influence of exometabolites of phenol nature of higher aquatic plants on the structure of algae communities and on algae cultures are given in the paper. Influence of concentration and composition of phenolic substances on membrane permeability have been studied.

Keywords: *resistance, phytoplankton, algae culturas, higher aquatic plants, specific surface, phenol nature.*

Надійшла до редколегії 22.11.2011

УДК 504.453 (477.43)

Гопчак І.В., Басюк Т.О., Грисюк Т.О.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД р. ГОРИНЬ В МЕЖАХ м. НЕТІШИН (ХАЕС)

Ключові слова: *екологічна оцінка, якість, класифікація, вода, річка*

Вступ. Актуальність теми обумовлена тим, що в басейні р. Горинь, склалася складна водогосподарсько-екологічна ситуація внаслідок порушення природно-екологічної рівноваги [1]. Крім того р. Горинь живить водойму-охолоджувач Хмельницької АЕС, в її басейні розташований Гощанський водозабір підземних вод, призначений для водопостачання м. Рівне, а нижче по течії вона впадає в р. Прип'ять на території Білорусі. Тому виникла необхідність в проведенні екологічної оцінки якості поверхневих вод, яка є складовою частиною нормативної бази для комплексної характеристики стану басейну річки та основою для оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

Виконання екологічної оцінки проводилось згідно з „Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями” [2], яка включає три блоки показників: блок сольового складу, блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників та блок специфічних речовин токсичної дії.

Основною метою досліджень є екологічна оцінка стану поверхневих вод річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Об'єкт дослідження – поверхневі води річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Предмет дослідження – екологічні параметри стоку поверхневих вод річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Окремі питання оцінки гідроекологічного стану басейну Горині в районі Хмельницької АЕС попередньо розглядались в працях Хільчевського В.К., Ромася М.І., Гребня В.В., Чунарьова О.В., Мельник В.Й. та інших [1].

Для оцінки стану поверхневих вод р. Горинь були використані дані окремих показників якості води, що були отримані впродовж 2010 року силами гідрохімічного моніторингу лабораторії охорони навколишнього середовища Хмельницької АЕС

Оцінку якості води р. Горинь в межах м.Нетішин проводили на двох пунктах спостережень. Перший - фоновий створ, розташований на мосту через р. Горинь на автодорозі, що веде з ХАЕС до м. Нетішин. Другий - контрольний створ, розташований в районі млина (м. Нетішин) пішохідний міст.

Формування хімічного складу річкових вод Горині відбувається під впливом цілого комплексу природних і антропогенних факторів, серед яких незважаючи на значний вплив господарської діяльності, головну роль відіграє гідрологічний режим.

Верхня частина басейну р. Горинь до впадіння р. Устя розташована на Волино-Подільській височині і являє собою плато з висотами 215-385,5м., сильно розчленоване долинами рік і балок розташоване в межах Лісостепової зони. Живлення ріки переважно снігове з помітною участю дощового й ґрунтового гідрокарбонатно-кальцієвого складу, мінералізація до 1000 мг/дм³.

Екологічна оцінка якості води на окремій ділянці р.Горинь за критеріями **сольового складу** в сучасний період (2010 р.) була проведена на підставі "Методики..."[2] і включала: оцінку якості води за критеріями мінералізації, хлоридів, сульфатів і визначення іонного складу річкових вод.

Для цього були використані перелік таких класифікацій: класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм мінералізації, класифікація якості поверхневих вод суші за критеріями іонного складу, класифікація якості прісних гіпо- та олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу. На основі яких виконана екологічна оцінка якості води за найгіршими і середніми значеннями показників сольового складу в різних пунктах спостережень р. Горинь в межах м.Нетішин.

Аналіз даних представлених матеріалів свідчить про таке:

- сума іонів по довжині водотоку за середніми і найгіршими величинами коливається в межах 518-619 мг/дм³. Мінералізація води в річці змінюється протягом року залежно від витрат води;

- на формування головних іонів води р.Горинь дуже впливають збагачені на карбонати верхньокрейдяні породи і включені в них підземні води, що дренують руслом річки. Це зумовлює збільшену концентрацію в річковій воді іонів HCO_3^- і Ca^{2+} , які переважають в іонному складі (HCO_3^- - 38-48 %, Ca^{2+} - 26-47 %).

- вода Горині на всьому протязі прісна, олігогалинна, гідрокарбонатна, групи Са, II типу (індекс $\text{Ca}_{II}^{\text{Ca}}$);

- сольовий склад води р.Горинь відрізняється значною постійністю. Клас і група води зберігається в усіх пунктах по довжині водотоку. Величина суми іонів суттєво не змінюється і має значення від 620 мг/дм³ за найгіршими

і 518 мг/дм^3 за середніми їх значеннями, що в межах екологічної класифікації [2] відповідає 2-гій категорії, тобто якість води “дуже добра” за станом, “чиста” за ступенем чистоти (забрудненості);

- вміст хлоридів в річкових водах за середніми величинами є відповідним $20,3 \text{ мг/дм}^3$, категорія 2, “дуже чисті” – “чисті”, а за найгіршими їх значеннями $22,1 \text{ мг/дм}^3$, тієї ж категорії 2 “дуже чисті” – “чисті”;

- кількість сульфатів в воді р.Горинь на всьому протязі є відповідною 1-2 категоріям якості: $41\text{-}42 \text{ мг/дм}^3$ за середніми величинами і $54\text{-}57 \text{ мг/дм}^3$ – за найгіршими.

Аналіз динаміки зміни блокових індексів сольового складу (I_1), дозволив зробити такі висновки: значення індексу блоку сольового складу (I_1) повздовж водотоку, в основному, лежить в межах 2-ї категорій “дуже добрі”, “чисті”, II класу якості і оцінюється як “добрі”, “чисті” води.

Проаналізувавши зміни підсумкових значень інтегральних показників блоку **трофо-сапробності** (I_2) від першого створу до другого. Стан поверхневих вод р.Горинь за трофо-сапробіологічними показниками в межах м.Нетішин за 2010 р. залишався не змінним, при цьому значення I_2 оцінюване за середніми величинами відповідає 4 категорії, а за найгіршими – 5 категорії. Якість річкової води в обох випадках характеризується III класом, як “задовільна”, “забруднена”, за станом і ступенем забрудненості, а за рівнем трофності і сапробності евтрофною ев-політрофною, $\beta^{\text{II}}\text{-}\alpha^{\text{I}}$, мезо-сапробною.

Цей процес відбувається за рахунок наявності у воді високих концентрацій органічних речовин ($\text{БСК}=4,58\text{-}10,20 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, 5-6 категорії) і біогенних компонентів (NO_2^- – $0,26\text{-}0,55 \text{ мгN/дм}^3$, 5-6 категорії, NO_3^- – $1,43\text{-}2,71 \text{ мгN/дм}^3$, 6-7 категорія). Причиною такої негативної трансформації якості води є вплив стічних вод.

Найгіршу якість зафіксовано в воді в районі мосту. У 2010 році значення I_2 , обчислені за його середніми і найгіршими величинами, становили 5,0 і 3,7, що відповідає 4-5 категорії, III класу якості, за станом “задовільні”, за ступенем забрудненості “забруднені”, за рівнем трофності “ев-політрофні”, за сапробністю α^{I} -мезосапробні.

Відмічене значне погіршення якості води в районах м.Нетішин обумовлене високими концентраціями в водах зазначених пунктів азоту амонійного, нітритного, нітратного, фосфору фосфатів, органічних речовин, відповідних 5 і 7 категоріям.

Підсумковий аналіз значень інтегральних показників блоку трофо-сапробності в період 2010 року повздовж течії р.Горинь в межах м. Нетішин показав, що:

- найкраща картина вимальовується в пункті спостереження в районі млина (пішохідний міст через річку). Тут середня величина підсумкового інтегрального індексу якості води (I_2) не виходила за межі значення 3,7 відповідно 4 категорії, а найгірша за межі 4,9 – 5,0 категорії і відносились до III-го класу якості, що характеризувало води як перехідні поміж евтрофними і евополітрофними, $\beta^{\text{II}}\text{-}\alpha^{\text{I}}$ -мезосапробними;

-води річки Горині в межах м. Нетішин в цілому оцінюється 4 і 5 категоріями, III класом якості і характеризуються загалом як евтрофні за рівнем трофності, $\beta^{\text{II}}-\alpha^{\text{I}}$ -мезосапробні.

Серед 18 показників блоку **специфічних речовин токсичної дії**, які наведені в “Методиці...” [2], лабораторією охорони навколишнього середовища Хмельницької АЕС представлено тільки поодинокі дані по 4 показниках, а саме: залізо загальне, мідь, СПАР та нафтопродукти.

При наявності такої незначної кількості інформації розраховувати на більш-менш обґрунтовану екологічну оцінку якості води повздовж течії р.Горинь не реально. Тому одержану і представлену в даній праці оцінку якості води р.Горинь за блоком специфічних речовин токсичної дії слід вважати як орієнтовну, яка потребує уточнення на більш репрезентативній вихідній інформації аналітичних служб моніторингу різних міністерств і відомств. Аналіз даних про вміст в водах Горині специфічних речовин токсичної дії показав, що за концентраціями важких металів (залізо, мідь) річкова вода відноситься до 4 і 5 категорій, III класу якості, а вмістом нафтопродуктів – відповідною 3 категорії, II класу якості. Що стосується токсичних органічних речовин антропогенного походження (СПАР, нафтопродукти) то їх середні і найгірші концентрації в воді р.Горинь характеризуються 3-5 і 2-3 категоріями відповідно. Найвищі концентрації специфічних компонентів відмічені у всіх пунктах спостережень і виявити закономірність їх розповсюдження по довжині водотоку немає ніякої можливості.

В цілому вода р. Горині за вмістом специфічних речовин токсичної дії може бути віднесена за середніми і найгіршими значеннями I_3 до 3 і 4 категорій, II і III класу якості “добра”, “чиста” і “задовільна”, “забруднена”.

Визначення **об’єднаної екологічної оцінки** якості води р.Горинь по окремих пунктах спостережень полягає в обчисленні інтегрального екологічного індексу (I_E), за яким виконана однозначна оцінка якості води р.Горинь. Він обчислювався за формулою $(I_1+I_2+I_3)/3$ для середніх і найгірших значень блокових індексів сольового складу (I_1), трофосапробності (I_2), вмісту специфічних речовин токсичної дії (I_3) (табл.).

Величини інтегральних екологічних індексів, розраховані за середніми і найгіршими значеннями блокових індексів по окремих ділянках р. Горинь, складають: верхня частина досліджуваної ділянки (міст) – 2,9 і 3,7, II клас якості “задовільні”, “забруднені” води; нижня частина (млин) – 2,9 і 3,6, II клас якості “добрі - задовільні”, “чисті - забруднені”

Картографування екологічного стану водних об’єктів – найбільш наочний спосіб представлення інформації про стан якості річкових вод в будь-якому регіоні України. Для опрацювання методики картографування якості поверхневих вод [5] на прикладі р. Горинь була запропонована така система картографування позначень (рис.):

- структурним круговим знаком передається оцінка якості води за блоковими індексами показників;

Таблиця. Об'єднана екологічна оцінка якості води р.Горинь за найгіршими і середніми значеннями блокових індексів (I_1 , I_2 , I_3) і величиною інтегрального екологічного індексу (I_E) в різних пунктах спостережень за даними 2010 р.

Басейн річки, пункт	Значення індексів								Стан (за класом)		Ступінь чистоти (за класом)	
	I ₁		I ₂		I ₃		I _E					
	найгірші	середні.	найгірші	середні	найгірші	середні	найгірші	середні	найгірший	середній	найгірша	середня
р.Горинь, м. Нетішин, міст	2,0	1,7	5,1	3,7	4,0	3,3	3,7	2,9	задо- вільний	добрий	забруд- нена	чиста
р.Горинь, м. Нетішин, млин	2,0	1,7	4,9	3,7	4,0	3,3	3,6	2,9	добрі - задовільні	добрий	чиста – забруд- нена	чиста
У середньому по р. Горинь в межах м. Нетішин	2,0	1,7	5,0	3,7	4,0	3,3	3,7	2,9	Задо- вільний	добрий	забруд- нена	чиста

- цифровими індексами відображаються величини блокових індексів і інтегрований екологічний індекс якості води по кожному з пунктів спостережень повздовж течії р. Горинь.

Висновок. Провівши екологічну оцінку якості води р.Горинь в межах Хмельницької АЕС (м. Нетішин), в сучасний період, ми визначили, що за найгіршими величинами I_E вода є “задовільною”, “забрудненою”, ($I_{\text{сер.}}=2,9$ і $I_{\text{найг.}}=3,7$), відповідно II-го класу якості. На основі отриманих даних розроблено карту-схему по оцінці якості поверхневих вод. Що дозволить наочно виявити загальні тенденції та основні лімітуючі чинники формування якості води р. Горинь в межах м.Нетішин, а саме:

- за сольовим складом якості річкових вод можна віднести до 2 категорії “дуже добрі”, “чисті”;

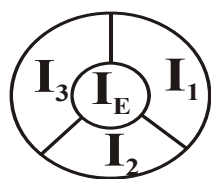
- за показниками трофо-сапробності води в цілому оцінюється 4 і 5 категоріями, III класом якості і характеризуються загалом, як евтрофні за рівнем трофності, β^{II} - α^{I} -мезосапробні;

- за вмістом специфічних речовин токсичної дії річкова вода може бути віднесена за середніми і найгіршими значеннями I_3 до 3 і 4 категорій, II і III класу якості “добра”, “чиста” і “задовільна”, “забруднена”.

Слід зазначити, що з трьох блокових індексів найбільш високі значення мають індекси трофо-сапробності, а найменші – у індексів блоку сольового складу. Для I_2 характерні найбільші розбіжності між значеннями окремих показників, що свідчать про більш широкий діапазон їх мінливості.



Умовні позначення



- I_1 - сольовий блок
- I_2 - трофо-сапробіологічний блок
- I_3 - специфічні показники
- I_E - інтегральний екологічний індекс

Рис. Екологічна оцінка стану поверхневих вод р. Горинь за найгіршими значеннями показників 2010 р. в межах м.Нетішин

Це в свою чергу дозволить: визначити основні напрямки водоохоронної діяльності по оздоровленню екологічної обстановки стосовно кожної ділянки досліджуваного водного об'єкту та оцінити ефективність вже проведених заходів.

Список літератури

1. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС / Хільчевський В. К., Ромась М. І., Чунарьов О. В. та ін. ; [за ред. В. К. Хільчевського]. – К. : Ніка-Центр, 2011. – 176 с.
2. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // [Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін.] – К. : Символ-Т, 1998. – 28 с.
3. Оцінка сучасного рівня антропогенної трансформації екосистеми р.Горинь і розробка заходів по відновленню природної рівноваги басейну. І етап: Сучасний рівень антропогенного навантаження на екосистему р.Горинь. Звіт про науково-дослідну роботу договір г/д №72. – К. : УНДІВЕП, 2004. –105 с.
4. Яцик А. В. До екологічної оцінки якості поверхневих вод / А.В. Яцик, І.В. Гопчак // І Всеукр. з'їзд екологів : тези доп. (Вінниця, 4–7 жов. 2006 р.). – Вінниця, 2006. – С. 105.
5. Методика

картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / [Руденко Л. Г., Разов В. П., Жукинський В. М. та ін.] – К. : Символ - Т, 1998. – 48 с.

Результати екологічної оцінки стану поверхневих вод р.Горинь в межах м.Нетішин (ХАЕС)

Гопчак І.В., Басюк Т.О., Грисюк Т.О.

Виконана екологічна оцінка стану поверхневих вод р.Горинь в межах м. Нетішин (ХАЕС) на основі класифікації якості поверхневих вод суші, по трьом блокам показників: соляового складу, трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) і специфічних речовин токсичної дії.

Ключові слова: екологічна оцінка, якість, класифікація, вода,; річка

Результаты экологической оценки состояния поверхностных вод р.Горынь в пределах г.Нетешин (ХАЭС)

Гопчак И.В., Басюк Т.А., Грысюк Т.А.

Выполнена экологическая оценка состояния поверхностных вод р.Горынь в пределах г.Нетешин (ХАЭС) на основании классификации качества поверхностных вод суши, за тремя блоками показателей: солевого состава, трофо-сапробиологического (эколого-санитарного) и специфических веществ токсического действия.

Ключевые слова: экологическая оценка, качество, классификация, вода, река.

Results of ecological estimation the state of surface water r. Goryn are within the limits of netishyn (KhNPP)

Gopchak I.V., Basyuk T.A., Grisyuk T.A.

Ecological estimate condition of surface water river Goryn is within Khmelnytsk NPP is carried out on the basis classification of surface waters quality of the land, on three blocks of parameters: salt consist, tropho-saprobological and specific substances of toxic action.

Keywords: ecological estimation, quality, classification, water, river

Надійшла до редколегії 24.11.11

УДК 556.18+519.711+519.6+681.3.01

Мельник Т.П.

Львівський національний університет імені Івана Франка

**МОДЕЛЬ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПАВОДКОВИХ РЕЖИМІВ УМОВ ОДАМБУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ
(на прикладі р. Боржави)**

Ключові слова: басейн, водозбір, річковий стік, витрати води, русло річки

Актуальність досліджень викликана необхідністю визначення можливих зон затоплень для подальшого удосконалення комплексного підходу покращення стану гідроекологічних систем. Це потребує удосконалення методичної бази наукового обґрунтування оптимізаційних заходів щодо запобігання руйнівних наслідків паводків і збереження водного

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

балансу. Дослідження спрямовані на створення гідроекологічної системи, яка б відповідала сучасному рівню та була б забезпечена обґрунтованою науково-методичною і технологічною базою для вдосконалення протипаводкових заходів, зокрема розташування дамб відносно русла річки, що сприятиме покращенню врожайності земель [1] і захисту населених пунктів від затоплень [2].

Оскільки теорія ймовірності та статистичні методи часто слугують єдиним шляхом кількісного оцінювання характеристик метеорологічних і гідрологічних явищ вони застосовуються в гідрометеорологічних дослідженнях при вирішенні багатьох завдань. Гідрометеорологічні процеси за своєю сутністю багатофакторні, тому математичний опис їх результатів можливий лише статистичними методами. Водночас, достовірність визначення характерних рівнів води в річках шляхом опрацювання даних їхніх багаторічних спостережень методами математичної статистики не завжди може бути забезпечена через нестабільність русла річки не лише у створі поста, але й на річковій ділянці поблизу.

Теоретично таке завдання щодо прогнозування достатньо широка, як у неперервному так і у дискретному варіантах. Відповідними алгоритмами екстраполяції є форми фільтрів Вінера, Калмана-Б'юсі і різницевих рівнянь авторегресії. Серед екстраполяційних моделей важливе місце займають трендові моделі розвитку. Метою створення таких моделей є прогнозування показників, що формуються під впливом великої кількості чинників, інформація з яких частково може бути відсутньою. Емпіричні ряди динаміки несуть на собі вплив не тільки основних, але і другорядних факторів, що згладжують головну тенденцію у зміні досліджуваного показника. Хід зміни досліджуваних параметрів пов'язують не тільки з чинниками, а й з часом.

Однак, така методологія є недостатньо опрацьованою у вирішенні проблеми затоплення території Закарпаття з точки зору прогнозування випадкової складової моделювання процесів формування стоку в екстремальних ситуаціях паводку. Не завжди дослідження базуються на розрахунках засобами програмного забезпечення ЕОМ, що є необхідним для більш точного і термінового вирішення ситуації [3, 4]. Варто, також, зупинитися на зручності та ефективності інтерполяції, що дає змогу визначити граничні умови, описати залежності з розривами функцій та їх похідні, правильно організувати введення та виведення даних при математичному моделюванні, виконати аналіз одержаних результатів, порівняти результати з експериментальними даними. Дослідною ділянкою в басейні р. Боржави, є місцевість від вузькоколіїного залізничного мосту біля с. Шаланки до автодорожнього мосту на ділянці автодороги Заріччя–Вільхівка [5].

До завдань дослідження входило:

- здійснення аналізу факторів впливу формування ходу стоку під час дощових паводків на водозборах меліоративних систем і річок, у заплавах яких вони споруджені;

- удосконалення досвіду застосування математичних моделей дощового та сніго-дощового стоку для прогнозування паводків, що надасть можливість наукового обґрунтування розташування дамб відносно русла річки;
- удосконалення методики розрахунку зон затоплення сільськогосподарських земель басейну р. Боржави.

Виклад основного матеріалу. Ситуація паводку є випадковим процесом із складовими, що змінюються з часом. Для регулювання вологості ґрунту необхідно забезпечити такі параметри дамб обвалування, щоб $h_{\max} \leq h_{\text{дамби}}$. Для збереження врожаю необхідно час затоплення мінімізувати, або прирівняти до нуля. При цьому досягнемо нормалізації зволоження ґрунту, що і є метою дослідження [6].

Наукова гіпотеза полягає у потребі вдосконалення параметрів дамб обвалування для покращення методики проектування розміщення та геометричних характеристик гідротехнічних споруд, яка полягає у виборі оптимального варіанту розміщення дамб обвалування і визначенні висоти споруди з метою не допущення виливу паводкових вод на територію сільськогосподарських угідь, що дозволить покращити урожайність за рахунок збалансованості вологості ґрунту.

У нашому випадку моделювання включатиме вирішення статистичної гіпотези щодо невідомого статистичного параметра, або припущення на певному рівні статистичної значущості.

За основу візьмемо теорему Ляпунова, яка служить теоретичною базою моделей статистичного оцінювання і статистичного висновку. Нехай, із генеральної сукупності (середнє цієї сукупності μ і дисперсія σ^2) беруться випадкові вибірки обсягом n . Центральна гранична теорема свідчить, що якщо n є достатньо велике, то незалежно від форми розділу параметра генеральної сукупності вибіркове середнє $\bar{X}$ описуватиметься законом, близьким до нормального.

Також, доцільно розглядати не самі значення параметрів об'єктів $a_i^j, i \in I, j \in J$, а відповідні їм нормовані значення $w_i^j(a_i^j), i \in I, j \in J$, – перетворення, що приводять параметри до безрозмірного виду і дозволяють порівнювати їх між собою. Для оцінки параметрів візьмемо за основу статистику, як середнє арифметичне, дисперсію, стандартне відхилення й обсяг.

Нехай, нульовою гіпотезою буде відсутність відмінностей у значеннях ознак [6]. Альтернативною – існування відмінностей. Перевірку гіпотез здійснюють за допомогою статистичних критеріїв, що забезпечить математично обґрунтоване прийняття істинної і відхилення помилкової гіпотези з високою ймовірністю. Виявлення відмінностей у розподілі ознаки при зіставленні емпіричних розподілів витрат і рівнів води варто здійснити за допомогою χ^2 – критерії Персона та λ – критерії Колмогорова-Смирнова. Виявлення ступеня узгодженості факторів впливу ситуації переливу на територію с/г угідь на основі r_r – коефіцієнта рангової кореляції Спірмена. Аналіз розміщення і параметризації дамб обвалування під впливом

контролюючих умов декількох факторів на основі моделі двофакторного дисперсійного аналізу [6].

В MS Excel пакет “Аналіз даних” розділ “Двофакторний дисперсійний аналіз з повторенням”. При виявленні відмінностей у розподілі ознаки при зіставленні емпіричних розподілів витрат і рівнів води потрібно скористатися моделями двофакторного дисперсійного аналізу, що дозволить оцінити взаємодію факторів величини висоти дамби і відстані між спорудами у їх впливі на зміну витрат. Здійснити аналіз розміщення та параметризації під впливом контролюючих умов декількох факторів.

Маємо варіант багатфакторної моделі зв’язаних вибірок дисперсійного аналізу, який застосовується у випадках, коли досліджується дія двох факторів на одну і ту ж вибірку випробуваних об’єктів. Тобто, маємо виміряні одні швидкості течії і площі поперечних перетинів. Рахуємо витрати і ті ж показники в одних і тих же випробуваних кілька разів, у різний час, у різних умовах (межені-паводку). Необхідно провести множинне порівняння показників, що змінюються при переході від умови до умови, визначити тенденцію зміни ознаки під впливом двох факторів водночас. На основі чого зробити дисперсійний аналіз.

Сформулюємо три комплекси не спрямованих гіпотез, які стосуються впливу фактора висоти дамб окремо від фактора відстані, гіпотези про вплив фактора відстані окремо від фактора висоти і гіпотези про вплив взаємодії градацій факторів [6].

1. Відмінності в обсязі витрат обумовлені дією фактора висоти, є не більш вираженими, ніж випадкові відмінності між показниками.

- Відмінності в обсязі витрат обумовлені дією фактора висоти, є більш вираженими, ніж випадкові відмінності між показниками.

2. Відмінності в обсязі витрат обумовлені дією фактора відстані, є не більш вираженими, ніж випадкові відмінності між показниками.

- Відмінності в обсязі витрат обумовлені дією фактора відстані, є більш вираженими, ніж випадкові відмінності між показниками.

3. Вплив фактора висот на обсяг витрат однаковий при різних градаціях фактора відстані і навпаки.

- Вплив фактора висот на обсяг витрат різний при різних градаціях фактора відстані і навпаки.

Нехай, маємо нормальний розподіл витрат води в річці. Вибірки незалежні, тобто незв’язані. Виміри зроблені у відповідності емпіричної залежності впливу на витрати ($Q = v * w$).

Відповідно до припущень цієї ситуації відповідає модель двобічного F-критерія, для якого необхідно визначити три його емпіричні значення:

- F_A – характер варіанти ознаки, зумовлену дією фактора висот;

- F_B – характер варіанти ознаки, зумовлену дією фактора відстані;

- F_{AB} – характер варіанти ознаки, зумовлену впливом висоти дамб і відстані між спорудами.

Для дисперсійної двофакторної моделі ситуації незв’язаних вибірок визначимо три критичні значення за допомогою функції FРАСПОБР()

табличного процесора MS Excel, яка повертає значення $F_{кр}$ для прийнятого рівня значущості α і ступеня вільності df_1 , df_2 :

$$F_{кр} = \alpha F_{df_1, df_2}, \text{ де } \alpha=0,05.$$

Можна зробити висновок, що нульові гіпотези відкидаються, оскільки $F_A > F_{кр}$ і $F_B > F_{кр}$. Приймаємо альтернативну гіпотезу про наявність значущої різниці, яка і є експериментальною. Відмінності ж ознак в обсязі витрат окремо обумовлені факторами А і В є більш виражені ніж випадкові відмінності між показниками.

Для дослідження взаємодії факторів нульова гіпотеза також відкидається $F_{AB} > F_{кр.загал}$, приймається альтернативна, тобто вплив фактора висот на обсяг максимальних витрат води різний при різних градаціях фактора відстані між дамбами і навпаки на рівні значущості 0,05 (ймовірність того, що ми визнали відмінності істотними, а вони насправді випадкові). Далі розглянемо інші можливості аналізу впливу факторів на максимальний стік. Використаємо моделі кореляційних зв'язків, які описують визначення усіх можливих зв'язків системи із зовнішнім середовищем та розкладанням її на підсистеми і вивчення кожної підсистеми у взаємозв'язку з іншими. Такий аналіз складається із з'ясування наявності інтенсивності, характеру, тісноти зв'язків та ступеня впливу різних факторів на функціонування системи, що є основою для побудови моделі функціонування та надає можливість спрогнозувати майбутні стани системи [6].

На практиці дослідження та прогнозування паводку, зокрема і проектування протипаводкових гідротехнічних споруд часто виникає необхідність обчислення значення параметрів процесу за межами емпіричних даних. Дану проблему вирішують такі методи прогнозування як апроксимація, інтерполяція, екстраполяція. Для подальшого прогнозу та математичного аналізу використаємо екстраполяційні моделі прогнозування, трендові моделі розвитку та моделі прогнозування за аналогією. Аналіз отриманих даних дозволяє визначити зони та рівень затоплюваності паводками різної забезпеченості [7].

Висновки. Розроблена методика є універсальною для водозборів р. Боржави, де наявність с/г угідь є значною. Попередні експериментальні розрахунки були здійснені по заплаві р. Боржави від вузькоколійного залізничного моста біля с. Шаланки до автодорожнього моста на ділянці автодороги Заріччя–Вільхівка. Розрахункові створи с. Нижні Ремети і смт. Довге. На основі чого можна зробити висновки, що найбільший вплив на формування гідрографа стоку на схилі із заданим розподілом характеристик ґрунту має термін опадів. Кількість і швидкість переміщення дисперсії цих величин по площі на стоці відображаються мало. Значний вплив належить стисненню потоку за рахунок одамбування. При рівномірних опадах вплив на стік має середнє значення коефіцієнта фільтрації, менше – його дисперсія по площі і радіус автокореляції. Обвалування зменшує регульовальну ємкість долини, внаслідок чого збільшуються швидкості руху води, а отже і розмивна

активність русла річки у межах обвалованих ділянок. Нижче обвалованих ділянок річки збільшуються рівні води під час паводків, погіршуються умови відведення води з обвалованої території, що порушує живильний і водоповітряний режим заплавлених земель.

Список літератури

1. Мельник Т. П. Вплив дощових паводків на стан ґрунтів та досвід вирощування сільськогосподарських культур на території затоплюваних земель басейну Тиси / Т. П. Мельник // Водне господарство України. – 2009. – Вип. I. – С. 32-38. 2. Чіпак В. П. Система протипаводкових заходів у басейні р.Боржава / В.П. Чіпак, Т. П.Мельник. – Рівне: Волинські обереги, 2008. – 202 с. 3. Сапсай Г. І. Елементи автоматизації управління водними ресурсами в басейні ріки Тиса / Сапсай Г. І., Чіпак В. П., Мельник Т. П. // Вісник НУВГП. – 2006. – Вип. 4(36). – С. 102-109. 4. Сапсай Г. І. Автоматизація організації даних управління водними ресурсами в басейні ріки Тиса / Сапсай Г. І., Чіпак В. П., Мельник Т. П. // Вісник НУВГП. 2006. – Вип. 4(36). – С. 95-102. 5. Сапсай Г. І. Вдосконалення протипаводкових заходів для оптимізації режиму роботи меліоративної системи р. Боржави / Г.І. Сапсай, Т.П. Мельник. – Рівне: Волинські обереги, 2009. – 40 с. 6. Мельник Т. П. Аналіз змін характеристик впливу оптимізації протипаводкових заходів басейну р. Тиса на основі дослідження та стохастичного моделювання процесів формування стоку / Т. П. Мельник. – Рівне: Волинські обереги, 2009. – 216 с. 7. Мельник Т. П. Удосконалення розрахунку зон затоплення території заплави р. Боржави на ділянці автодороги Заріччя–Вільхівка / Т. П. Мельник // Водне господарство України. – 2009. – Вип. VI. – С. 59–60.

Модель гідроекологічної ситуації паводкових режимів умов одамбuvання територій (на прикладі р.Боржави)

Мельник Т.П.

Здійснено узагальнення циклу досліджень території р. Боржави. На основі реалізації стохастичних моделей розроблено методологічні підходи дослідження гідроекологічного стану геосистем. Встановлено особливості формування стоку річки та виявлені головні чинники, які визначають динаміку змін витрат із урахуванням впливу гідротехнічних споруд.

Ключові слова: басейн, водозбір, річковий стік, витрати води, русло річки

Модель гидроэкологической ситуации паводковых режимов условий одамбирования территорий (на примере р. Боржавы)

Мельник Т.П.

Осуществлено обобщение цикла исследований территории г. Боржавы. На основе реализации стохастических моделей разработаны методологические подходы исследования гидроэкологической состояния геосистем. Установлены особенности формирования стока реки и обнаружены главные факторы, определяющие динамику изменений расходов с учетом влияния гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: бассейн, водосбор, речной сток, расход воды, русло реки.

Model hydroecological situation of flood regimes conditions odambuvannya areas (for example Borzhava river)

Melnyk T.P.

Done synthesis cycle research area was Borzhava. On the basis of stochastic models developed methodological approaches of research hydroecological geosystems. The peculiarities of the flow of the river and found the main factors that determine the dynamics of cost, taking into account the impact of hydraulic structures.

Keywords: swimming pool, water catchment, river flow, water flow, the river bed.

Надійшла до редколегії 23.09.2011

УДК 556.537 + 556.5.048; 556.5.06

*Косовець О. О., Довгич М. І., Самойленко Н. А., Соколов В. В.
Центральна геофізична обсерваторія МНС України, м. Київ*

**ЗНАЧЕННЯ КАТАСТРОФІЧНОЇ ПОВЕНІ НА ДНІПРІ
БІЛЯ КИЄВА 1931 РОКУ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКУ
(ХРОНІКА ПОДІЇ ТА НАУКОВО-ІСТОРИЧНИЙ НАРИС)**

Ключові слова: повінь, гідрологічні характеристики, максимальні витрати

Постановка та актуальність проблеми. У 2011 році минуло 80 років від часу катастрофічної повені на Дніпрі, яка сталася у травні 1931 року. Стаття викладає хроніку події: роботу Штабу надзвичайної комісії, працівників київських установ та підприємств, військових, студентів, рятувальників, спеціалістів оперативного складання гідрометеорологічних прогнозів з метою попередження можливих наслідків стихійного лиха. В статті подано аналіз роботи українських вчених-гідрометеорологів, щодо вивчення багатовікової мінливості водності Дніпра з подальшою розробкою нормативно-технічних документів для визначення максимальних характеристик стоку.

У 2011 році українські гідрометеорологи відзначили дві ювілейні дати: 90-річчя початку становлення національної гідрометеорологічної служби України та 175 років від початку регулярних метеорологічних спостережень на її теренах [1]. У 2012 р. виповнюється 100 років від заснування гідрологічної станції Київ (начальник – Олег Васильович Серебряков, випускник Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка). В архівних документах галузевого державного архіву гідрометслужби (ГДА) вона згадується як гідрометрична станція біля Києва, на Передмостній Слобідці (на території сучасного Гідропарку, що тоді входила до складу Чернігівської губернії), і відіграла значну роль під час повені 1931 року та надала нащадкам цінний науково-технічний спадок.

Вступ. До 1929 р. проведення гідрометеорологічних спостережень в СРСР було розпорошено між низкою Народних комісаріатів: освіти, землеробства, охорони здоров'я, шляхів сполучень, які мали власну мережу відомчих гідрометеорологічних постів і станцій спостережень [2].

Після детального обстеження і вивчення Робітничо-селянською інспекцією СРСР роботи гідрологічної і метеорологічної служб було зроблено висновок про необхідність об'єднання цих служб і утворення

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

Гідрометеорологічного комітету СРСР при РНК СРСР [2] .

В Україні Рада Народних Комісарів постановою від 13-го грудня 1929 р. організувала Гідрометеорологічний комітет (ГІМЕКОМ) у складі голови комітету та 7 членів, які й повинні були керувати всією службою. Через рік, 29 грудня 1930 р. за рішенням наукової секції Держплану УСРР на базі наукових секцій УкрМету та обсерваторій у Києві, Харкові та Одесі був сформований перший в Україні Науково-дослідний гідрометеорологічний інститут (ГІМЕІН), попередник Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (УкрНДГМІ) створеного у 1953 р. Потреба в організації цієї установи на той час була викликана безсистемністю науково-дослідних робіт, відсутністю загального та систематичного методичного супроводження спостережень і підготовки наукових кадрів [2]. Очолював керівництво обох установ в столиці УСРР м. Харкові І.І. Касяненко [2]. Це була наймасштабніша перебудова структури гідрометслужби та її керівних органів за весь час її існування.

На початку січня 1931 року при Київському бюро погоди відбувся семінар по вивченню норвезького методу прогнозів під керівництвом Є. В. Гертнера. 17-18 січня того ж року у Києві за ініціативою ГІМЕКОМу пройшла Гідрогеологічна нарада, потім за участю київських установ відбулося засідання Комітету, яке затвердило нову структуру гідрометслужби. У Борисполі під Києвом розпочалося будівництво змійкової аерологічної обсерваторії і будинків для працівників. Дослідження планувалися за аерологічною, актинометричною та атмосферно-електричною програмами спостережень [3].

21 січня 1931 року на посаду завідувача Центрального бюро погоди (м. Харків) призначено М.М. Акимовича, а на старшого синоптика – О.С. П'ятницького, але тривалий час приміщення для установи не було виділено.[3]

З 11 лютого 1931 року на підставі постанови Раднаркому УСРР про передачу ГІМЕКОМу Народному комісаріату у земельних справах до складу Комітету увійшли представники від Наркомпостачання, Уповноваженого Наркомвуду, Української філії об'єднань цивільного повітряного флоту [3].

Саме в цей час у підпорядкування ГІМЕКОМу переходить з Дніпровського управління річкового пароплавства і колишня гідрометрична станція біля Києва (нині гідрологічна станція Київ) [4].

Варто зазначити, що ГІМЕКОМ прийняв до свого складу гідрологічну та метеорологічну мережі відомчих спостережень, що складала на початку 1931 року 76,3 % від існуючої у 1930 році всієї системи спостережень, яка діяла на той час в Українській метеорологічній і гідрологічній службах [4] .

Попередня розпорошеність станцій між відомствами, відсутність уніфікації та єдиного метеорологічного забезпечення приладів, стандартизованих нормативно-технічних документів та єдиної програми спостережень – все це не сприяло ефективній роботі українських гідрометеорологів [4].

За пропозицією ГІМЕКОМу була утворена комісія мережі (сітки) з метою

оцінювання репрезентативності пунктів спостережень. 3 квітня 1931 року відбулося перше засідання у складі: М.Начинкін (голова), М. Бовін (секретар), Ф. Кулик, Б.Срезневський, В. Назаров, П. Томашевич, Є. Гертнер, С. Комарницький, М. Самбікін, М. Акимович, З. Власова [3].

У Києві, який на той час був звичайним адміністративним центром, перебували наступні структурні підрозділи ГІМЕКОМу та ГІМЕІНу:

1. За адресою вул. Короленка, 21 (Перший адміністративний будинок УкрМету) – Київський апарат ГІМЕКОМу та Гідрогеологічна частина ГІМЕІНу із бригадою гідрологічних прогнозів, Київське бюро погоди (рис.1)*.

2. За адресою вул. Толстого, 14-б – Київська метеорологічна обсерваторія (метеорологічна станція I розряду, яка мала статус міжрайонної установи з обслуговування народного господарства та біля міста мережу пунктів спостережень) та геофізичні секції ГІМЕІНу (рис.2)**.

У Києві із 1928 по 1932 роки функціонувала служба гідрологічних оповіщень Дніпрельстану, очолювана А.В. Огієвським, яка безпосередньо підпорядковувалась Управлінню будівництва Дніпрельстану [4].

Хроніка події. У квітні 1931 року, коли закінчувалося бетонування шлюзу ДніпроГЕСу (ДніпроГЕС до війни називався Дніпрельстаном) і готувався монтаж турбін у машинних залах гідроелектростанції [5], трапилася надзвичайна подія. Наче вся природа і могутність водної стихії повстали проти забудови степового ландшафту технічною спорудою – великою бетонною греблею. Київ опинився на передовій, а кияни у 1931 р. були свідками надзвичайного природного явища на Дніпрі – нечуваної катастрофічної повені, яка охопила Дніпро на всій його довжині та головних північних притоках. Через збіг низки несприятливих гідрометеорологічних обставин ця повінь набула розмірів справжнього народного лиха, завдавши чималих матеріальних збитків країні [5].

Систематично вивчати р. Дніпро та головні притоки почали з 1876 р., коли були закладені водомірні пости – споруди для спостережень за змінами рівнів води в річці як на самому Дніпрі, так і на головних притоках. На початку 1877 р. в басейні Дніпра функціонувало 37 водпостів [4].

З часом на основі багатолітніх спостережень на цих постах почали прогнозувати рівні води у річках. Зокрема, ідея академіка Є.В. Опокова,*** ґрунтуючись на його наукових дослідженнях, стала основою прогнозування рівнів весняної повені на Дніпрі [4].

Наукові дослідження його учня інженера А.В. Огієвського запровадили у гідрологічну практику методику короткотермінових прогнозів рівнів р. Дніпра, так званим рейковим способом – визначення ймовірного рівня води в якомусь пункті річки на певний день на підставі оцінки стану води у верхів'ях та притоках з врахуванням часу добігання. Подальшу розробку цих наукових методів з 1925 р. вдосконалював, теж учень Є.В. Опокова, інженер В.О. Назаров – заступник директора ГІМЕІНу і керівник бригади гідрологічних прогнозів (рис. 3). З 1928 р. ця методика була використана Службою гідрологічних оповіщень Дніпрельстану з подальшими її

вдосконаленнями А. В. Огієвським (рис.4).

Ми не будемо заглиблюватися у науково-методичні аспекти гідрологічних прогнозів. Це царина вчених-гідрологів та фахівців Українського гідрометцентру. Звернемося до хроніки подій. На той час Київ був одним із 34-х самостійних адміністративних одиниць республіканського підпорядкування (столиця - м. Харків), та мав самостійну Київську міську партійну організацію, яка очолювала чотири районних комітети. Серед періодичних видань лише дві газети донесли до нащадків вичерпну інформацію про події у час катастрофічної повені. Перша – це орган Дніпровського управління річкового пароплавства газета «Дніпровський водник». Друга – щоденна газета «Пролетарська правда» – орган Київського Міськкому КП(б)У, Міської Ради та Міськпрофради, яка у № 89 (2901) від 21 квітня 1931 р. писала, що у понеділок 20 квітня на Дніпрі розпочалася навігація і першим рейсом до Дніпропетровська рушив пароплав «Шевченко» [6,7], хоча регулярні рейси через повінь відновилися пізніше (рис. 5).

Оцінити загрозу від наступу повені на Україні з висотою рівнів, що можуть перевищувати прогнозовані Гідрометкомом, Служба гідрологічних прогнозів змогла тільки 24.04.1931 р., отримавши телеграфні дані про рівні у верхів'ях Дніпра, Десни, Березини за 23.04.1931 р.

Попередні гідрологічні прогнози за 03.03.1931 р. та за 21.03.1931 р. показували, що рівні для середини Дніпра будуть близькими до рівнів 1929 р. (для Києва $660 \text{ см} \pm 50 \text{ см}$ над «0» водомірної рейки [4] на мосту ім. Євгенії Бош) (рис.6).

Осінь 1930 р. була дощова, і це призвело до насичення вологою ґрунту, раптові сильні морози і сніжна зима сприяли накопиченню у басейнах верхів'я Дніпра та його приток великих запасів води у снігові. Ці запаси при різкому потеплінні та рясних весняних опадах, які перевищували декадну і місячну норму у кілька разів, викликали катастрофічну повінь [5].

Це підтверджується аналізом метеорологічних даних, які зберігаються у ГДА гідрометслужби [8,9].

При складанні березневих прогнозів була затримка на 7-8 днів даних снігозйомки, а дані з Білорусі та Росії до України надходили неповними: лише 1-2 точки снігової зйомки на водозборі [4]. З часом, враховуючи наслідки такої невдалої кооперації сусідніх гідрометслужб, питання про створення Єдиної гідрометеорологічної служби СРСР ні в кого не викликало заперечень.

Повертаючись до подій третьої декади квітня 1931 р., зазначимо, що 24.04.1931 р. Служба гідрологічних прогнозів ГІМЕКОМУ випустила екстрений бюлетень про загрозу повені на Дніпрі, зауваживши, що повінь може досягнути історичного рівня 1917 р. [4].

25 квітня 1931 р. було скликане засідання Штабу київської комісії боротьби з повінню за участю представників численних київських організацій, які одразу ж після засідання почали вживати заходи, орієнтуючись на події 1917 р. [5]. Проте, телеграфні дані за 25 та 26 квітня

1931 р., коли визначився прохід найвищих рівнів повені у верхів'ях Дніпра та основних приток, давали підставу вважати, що повинь перевищить за висотою рівні 1917 р.[4].

Уже з 26.04.1931 р. на заклик ГІМЕКОМу у зв'язку із серйозністю обставин у спільній роботі із складання гідрологічних прогнозів почала брати активну участь Служба гідрологічних оповіщень Дніпрельстану. З 26.04. до 14.05.1931 р. всі гідрологічні прогнози були результатом спільної роботи цих організацій [4].

З 27.04.1931 р. відомості про рівні водомірної рейки на мосту ім. Євгенії Бош (рис.7) надходили до Штабу надзвичайної комісії кожні 2 години, а з 28.04. по 02.05.1931 р. щогодини (табл. 1) [5]

Таблиця 1. Погодинні рівні води Дніпра біля Києва на водомірному посту мосту ім. Євгенії Бош. (від «0» посту – паля на березі біля в/рейки) [5]

Дати Години	28 квітня	29 квітня	30 квітня	1 травня	2 травня
1	-	740	-	830	849
2	-	-	798	834	849
3	-	752	800	835	850
4	-	-	802	836	850
5	-	754	-	837	851
6	-	-	805	838	851
7	-	758	-	840	852
8	703	-	808	840	852
9	-	-	-	840	852
10	708	765	812	842	852
11	-	-	-	843	852
12	714	770	814	843	852
13	710	772	-	844	852
14	-	772	815	844	853
15	720	774	-	845	853
16	-	777	821	846	853
17	724	780	-	846	853
18	-	782	825	847	853
19	730	784	-	848	853
20	-	786	828	849	853
21	736	788	-	849	853
22	-	790	829	849	853
23	740	-	-	849	852
24	-	794	831	849	852

Плідна робота Бригади гідрологічних прогнозів та Служби гідрологічних оповіщень Дніпрельстану за період з 26.04.1931 по 14.05.1931 р. надала для народного господарства України 171 прогнозний рівень Дніпра (інколи гідрологічні прогнози складались 2-3 рази на добу) [4].

Штаб київської комісії під головуванням Іванова в складі тт. Розенбліта, Резніченка, Філенка, Гаркавого, Голубкова, Княгницького, Роботенка, Михайлова мобілізував населення на боротьбу із стихією. Крім військових та курсантів Київського округу, до боротьби із повінню приєдналися студенти, учні ремісничих училищ, городяни, річковики, залізничники, мешканці навколишніх сіл та 1000 чоловік від Біржі праці. Головними об'єктами були: Київська районна електростанція (Рибальський острів), Київський судноремонтний завод, Водогін, Паробуд, Центральна електростанція, Петрівка, дамба залізниці на Петровський міст, дамба Русанівського мосту, Слобідки, Труханів острів [5].

Біля Центральної електростанції, на розі Андріївської та Набережно-Хрещатицької вулиць, рівень води над бруківкою піднявся на 1,63 метри, і тільки героїчна праця бійців 45 дивізії та робітників київських заводів зі спорудження дамби з мішків із піском врятувала електростанцію від повного затоплення [5].

Десант військових вчасно врятував дамбу Русанівського мосту від руйнації, але сильна течія, швидкість якої сягала до 25-30 км/год (!), змусила солдатів кілька годин рятуватися на деревах, бо катером до цього місця підійти тривалий час було неможливо [6, 7]. У давнину ця місцевість звалася «Чорторий». У післявоєнні часи для зменшення напору води в рукаві до Дніпра був проритий канал. У наш час це відомий усім канал Русанівського масиву.

Ширина Дніпра на час повені біля Києва сягала 12 км. З передмістя та навколишніх сіл було евакуйовано 21440 мешканців [5]. Стихія пошкодила 647 будинків, затоплено до 2000 садиб, завод чинбарних екстрактів, 6-й Держшкірзавод, Лісокомбінат, склади Укрпостачу, 4 млини, Хлібзавод № 2, Елеватор Союзхліба, Лісзавод № 15, завод ім. Томського, Портобуд, Цементний завод, Насосні станції [5]. Дебаркадери, баржі, дахи будинків, дерева, сараї та людське майно, які пливли за течією, пошкодили Русанівський та Наводницький мости [5] (рис.8-13) .

2 травня 1931 р. вранці з Харкова прибула урядова комісія, очолювана заступниками голови Раднаркому УРСР тт. Порейко та Сербіченко для з'ясування причин та оцінки розмірів наслідків катастрофічної повені [5]. Того ж дня вийшла обов'язкова Постанова Київської міськради про відмітні знаки, що мали зафіксувати максимальний рівень води під час повені, які закріплялись фарбою або іншим способом для довготривалого зберігання. На осіб, які не виконують цю постанову, накладалось адміністративне стягнення: штраф у розмірі 100 крб., або місяць виправних робіт, або 2 тижні арешту [6, 7]. Того ж дня близько опівночі вода почала спадати [5].

5 травня 1931 р. заступник голови Раднаркому тов. Сербіченко повідомив на засіданні Президії ВУЦВК про велику повінь на Дніпрі, що завдала лиха багатьом містам і селам. Члени президії Якір та Балицький, доповнюючи інформацію т. Сербіченка, зазначили, що місцеві органи не зважали на ту загрозу, що насувалася з верхів'їв Дніпра. Білорусія вчасно не попередила про небезпеку. Крім того, гідрометеорологічна служба також прогавила

певний час і через це на місцях не встигали вчасно вжити запобіжних заходів.

Того ж дня вийшла спеціальна Постанова Президії ВУЦВК про повінь за підписами Г. Петровського та М. Василенка [10].

У Постанові сказано, що, заслухавши інформацію Голови Урядової комісії тов. Сербіченка про розміри повені на Дніпрі, ВУЦВК відзначає, що РНК УСРР вчасно вжила необхідних заходів до боротьби із стихією. Накреслено план основних дій, а останнім пунктом Постанови зазначено:

«3) Доручити Наркомюстові негайно розслідувати причини невчасного повідомлення від служби водних шляхів та метеорологічних станцій про рівень піднесення води у верхів'ях Дніпра та його приток».

Далі у газеті «Пролетарська правда» за 6 травня 1931 р. опублікований наказ начальника Київського експлуатаційного району Дніпровського річкового транспорту товариша Горенберга: «Наказ № 164. Считай роботу законченою 7 мая. Подпись» [7].

Разом із Службою гідрологічних оповіщень Дніпрельстану від ГІМЕКОМу та ГІМЕІНу за період з 26.04. по 14.05.1931 р. в роботі з оперативного прогнозування брало участь 40 осіб: гідрологи з бригади прогнозів ГІМЕІНу – Мошинський, Юркевич, Шкляревський, керівник гідрометричної секції Швець; інженери ГІМЕКОМу – Магура, Марчинський, техніки – Томашевська, Малевська; співробітники Київського бюро погоди та інші. Особливо треба відзначити працівників Київської гідрометричної станції: завідувача В. Камкіна, працівників – Бевза, Чарнецького, Орлова, Висневського, Дехтерева [4, 11] (рис.14-15), які 13-14 травня провели замір витрати води в Дніпрі за допомогою млинка та поплавків із визначенням положення окремих струменів течій. Ми вдячні колишньому працівнику станції Валентині Олександрівні Огієвській, яка зберегла під час окупації документальні свідчення історичної катастрофічної повені 1931 р. [11, та особова справа з архіву УкрНДГМІ].

І хоча максимальні витрати на 02.05.1931 р., вираховані по розрахунковій кривій $Q = f(H)$ «Залежності витрат води від рівнів» і занесені в гідрологічні довідники числом 23100 м³/сек, результат роботи фахівців Київської гідрометричної станції з виміру витрат води та фіксації напрямків струменів течії за допомогою поплавків має наукове та історичне значення як документ, що можна багато разів аналізувати [11–13]. Створ, площа якого використовувалась при підрахунку витрат, знаходився вище за течією сучасного Дарницького залізничного моста. [11] (рис. 14).

Провідними фахівцями-експертами з гідрометеорології під час цих подій були: від ГІМЕКОМу – головний інженер Станіслав Карлович Комарницький,**** від ГІМЕІНу – заступник директора Віктор Олександрович Назаров, від служби гідрологічних оповіщень Дніпрельстану – Анатолій Володимирович Огієвський [4].

Варто зазначити, що під час боротьби із стихією відомостей про людські жертви не було. Рятувальні та робочі команди працювали зладжено і організовано. Наркомздрав, Український Червоний Хрест, Товариство

порятунку на воді всіляко підтримувало населення. Електропостачання було весь час, працював телефон (окрім лінії у бік Чернігова), ходили трамваї. Хліба випікали набагато більше, незважаючи на зруйнований хлібозавод. Було налагоджено харчування евакуйованих, особливо дітей, вчасно надавалась медична допомога [5]. Із спогадів старшого інженера гідрологічної сітки ГІМЕКОМу І. С. Магури: «Повідь Дніпра 1931р. була надзвичайно велика та бурхлива» [14].

Матеріальні збитки від катастрофічної повені за існуючим переліком руйнувань та пошкоджень, мабуть, були значні. У нас відсутні дані за грошовий еквівалент руйнувань, тому що органи державної статистики їх ніколи у ті часи не оприлюднювали. Але відомо, що РНК СРСР виділила потерпілим районам України на відновлення 10.000.000 карбованців. [15] Київський міськвиконком опублікував інформацію про втрачений людський та технічний ресурс: за період з 27 квітня до 8 травня 1931 року – 250000 людино-днів, 6900 коней-днів, 6100 авто-днів, 1850 автогодин легкових [5].

Наслідки для ГІМЕКОМу були такі. У травні 1931 року до Харкова з Київського бюро погоди було переведено частину підрозділів (бригаду прогнозів врожаю та дорожньо-синоптичну) [3], восени ще і управління мережею ГІМЕКОМу (гідрологічна та метеорологічна сітки). В Києві залишилося при Бюро погоди керівництво мережею Правобережної України [3] (рис.16). 14-16 червня 1932 року за дорученням Раднаркому УСРР та Робітничо-селянської інспекції була проведена перевірка діяльності ГІМЕКОМу та ГІМЕІНу.[16]

За результатами діяльності комісії постало питання про створення Єдиної гідрометеорологічної служби, що й було реалізовано 1933 року.

Досвід, набутий гідрометеорологами у 1931 році, знадобився фахівцям гідрометслужби при прогнозуванні досить високих повеней на Дніпрі у 1970 і 1979 роках.

Науково-історичний нарис та висновок. Професор Фізично-географічного інституту Української академії наук О.П. Артем'євський, детально проаналізувавши гідрометеорологічні умови повені 1931 року, дослідивши попередні високі рівні, не виключав, що в майбутньому та при одночасному набіганні гребенів головних приток Дніпра, що вище Києва, рівень на водомірному посту може сягати вище на 125 см від рівня, який спостерігався 02.05.1931 року (рис.17). Максимальні витрати Дніпра в цьому районі могли дорівнювати 33000 м³/с [4,17]. Однак, із будівництвом Київського водосховища стало можливо зрізати піки весняної повені, тому нині ці розрахунки застарілі. Саме це надало можливості у 60-90 роках ХХ ст. проводити забудову лівого берега Києва житловими масивами.

Через відсутність багатовікових даних мінливості рівнів Дніпра для майбутнього проектування і будівництва український учений-гідролог Григорій Іванович Швець (рис. 18) у 50 роках ХХ століття за давньоруськими літописами та археологічними пам'ятками досліджував водність Дніпра у середньовічні та доісторичні часи. Доробком цієї праці став ряд наукових

статей та невеличка монографія у видавництві Академії наук Української РСР 1960 року [18].

Його подвижницька праця надала поштовх вченим Західної Європи вести такі ж самі дослідження по ріках: Дунай, Сена, Рейн, Вісла [19].

Росіяни В.В. Бетін та Ю.В. Преображенський видали подібну працю тільки у 1962р., а вчені з Головної геофізичної обсерваторії Борисенков Є.П. та Пасецький В.М. у своїй монографії «Летопись необычайных явлений природы за 2,5 тысячелетия», виданій у 2002 році, теж надали хронологію екстремальних явищ природи [20, 21].

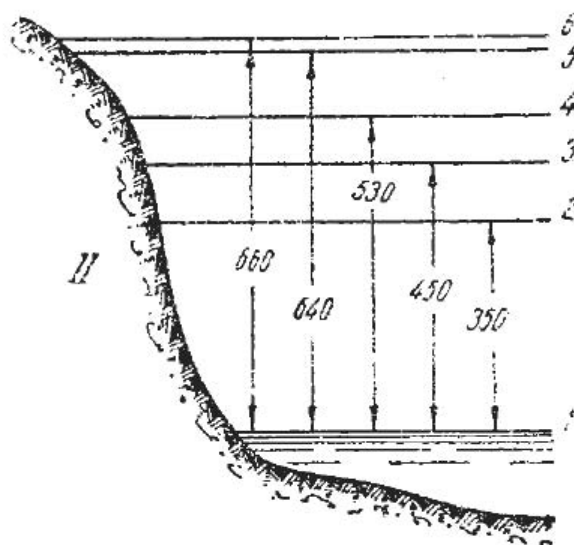
Історична хронологія Дніпра, яка складена Г.І. Швецем на ґрунті літописів та археологічних джерел давніх поселень, а саме Микільської Слобідки (табл. 2) всі показники водності в давні та доісторичні часи порівнює з 1931 р.

Таблиця 2. Водність Дніпра у доісторичні часи

Епоха і її вік	Показники водності	Місцезалягання стоянок, використаних для висновків про водність
Пізній неоліт (3 тис. років до н. е.)	Повторювались високі, середні і низькі повені; були дуже високі повені (типу 1931 р.)	Микільська Слобідка
Епоха Трипільської культури (III – початок II тисячоліття до н. е.)	Повторювались високі, середні і нижчесередні повені; були дуже високі повені (типу 1931 р.)	Середній Стіг II, Стрільча Скеля, с. Михайлівка, Микільська Слобідка
Пізній період епохи міді-бронзи (II – початок I тисячоліття до н. е.)	Повторювались високі, середні і нижчесередні повені; були дуже високі повені (типу 1931 р.)	с. Волоське, Микільська Слобідка

Не вдаючись до деталей історичного поселення, звертаємо увагу на культурний шар епохи трипільської культури, що мав значні наноси піску, і це пов'язано із наслідками повені давніших часів у Микільській Слобідці (район сучасної станції метро «Лівобережна») [22, 23].

Висотне положення культурних шарів порівняли із нулем графіку Київського водпосту, тобто із сучасним рівнем Дніпра (рис. 19).



1. Нуль графіка в/п біля Києва.
2. Середній з максимальних рівнів.
3. Рівні залягання культурних залишків на стоянці.
4. Рівень сучасної поверхні над стоянкою.
5. Максимальний рівень 1931 р.
6. Ймовірний рівень, при якому стоянка занесена піском.

Рис 19. Археологічна стоянка біля Микільської Слобідки – Київ (зв'язок шару піщаних наносів з максимальним рівнем Дніпра 1931 р.).

Кількісні висновки такі: археологічна стоянка поблизу Микільської Слобідки занесена піском у повінь, яка за висотою максимальних рівнів збігається з повинню 1931 року. Необхідно зауважити, що у 30-ті роки ХХ століття у практиці гідрологічних розрахунків та публікацій було прийнято рівні води рахувати від «0» посту – відлік від нуля рейки або палі на березі. А у післявоєнні часи розрахунки роблять від «0» графіка. Тому рівні у квітні-травні фіксувалися від «0» посту (палі на березі), а з кінця травня 1942 року після переносу гідрологічного посту на правий берег Дніпра – прийнято брати відлік від «0» графіка посту. Необізнаному фахівцю рівні 853 см та 640 см на перший погляд сприйматимуться як помилка, але у цих значеннях різний тільки початок відліку (Див. : Словник гідрологічних термінів).

Значення рівня повені 1931 року біля Києва та наукова спадщина Григорія Івановича Швеця, як хронологічна таблиця екстремальних явищ природи за останні 5000 років на берегах Дніпра, заклали підґрунтя до вдосконалення і подальшого дослідження. З часом відновлений ряд річного стоку був об'єднаний з існуючим «гідрометричним» стоком (1818-1975 рр.), і, таким чином, був отриманий хронологічно безперервний ряд тривалістю 4124 роки. Цей ряд є основою для різноманітних гідрологічних, кліматичних та водогосподарських досліджень і розрахунків, обґрунтування нових вірогідних розрахункових схем і прогностичних залежностей [24].

Його робота мала міжнародне значення. У 70 роки ХХ століття вчені усього світу об'єднали зусилля для вивчення режиму водних ресурсів на всіх континентах. Історичний ряд повеней на Дніпрі був моделлю для інших досліджень. Секретаріат міжнародного гідрологічного десятиріччя (1965-1975 рр.) в листі-подяці до українського вченого наприкінці писав: «Ваші дуже цінні результати довготермінових високих та низьких характеристик по Дніпру надасть отримання базового матеріалу для перевірки наданого методу у різних кліматичних умовах» [19].

Українська гідрологічна школа академіка Є.В. Опокова протягом усього ХХ століття постійно вдосконалювалася. Естафету Інституту водного господарства узяли на себе вчені Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Доктори технічних наук П. Ф. Вишневський, І. А. Железняк, кандидати технічних наук П. М. Лютик, Л. Д. Михальська, Я. О. Фоменко, Є. В. Хлоєва брали участь у розробці «Рекомендаций по определению расчетных расходов воды с учетом аккумуляции для назначений отверстий мостов и труб на автодорогах общего пользования Украинской ССР», розроблених для Міністерства будівництва та експлуатації автомобільних доріг УРСР та нормативно-технічного документу «Определение расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83» для Держбуду СРСР. Ці документи мають практичне використання у наш час, хоча, на погляд авторів, потребують удосконалення та оновлення для сучасних кліматичних умов [25].

Автори вдячні кандидату географічних наук, старшому науковому співробітнику УкрНДГМІ С. І. Пясецькій за надані фотографії з домашнього архіву, а також Центральному державному архіву кінофотофонодокументів

ім. Г.С. Пшеничного, архіву УкрНДГМІ, музею заводу «Арсенал» та співробітникам ГДА гідрометслужби за допомоги у пошуку історичних документів.

Примітки

*Декрет, підписаний Головою РНК УСРР Х.Раковським 19.11.1921 р., щодо об'єднання в Україні всіх метеорологічних спостережень під головуванням УкрМету, надав поштовх до формування національної метеорологічної служби, що до цього часу була підпорядкована різним відомчим установам, та зазнала занепаду у часи I світової війни та Української революції. Декрет визначав її єдиним державним органом, хоча і перебувала вона у складі Народного Комісаріату у земельних справах України з січня 1919 р. до січня 1941 р. (як наукова секція – до 30-х років XX ст.). У Державному Архіві вищих органів влади та управління України у документах, які збереглися, вона виступає як Радянська Українська метеорологічна служба (УкрМет). Весь час вона зазнавала реформування: Укмет – 1919 р.; УкрМет – 1921 р.; УМГС – 1927 р.; ГІМЕКОМ – 1929 р.; ГУЄГМС – 1933 р.; Київське та Харківське територіальні управління ГУГМС (КУГМС та ХУГМС) – 1933 р.; УГМС УРСР – 1941 р. На час створення ГІМЕКОМу служба увібрала до себе понад 76% від існуючої на той час мережі спостережень і це поширення зі структурними змінами продовжувалось до 1954 р. Після визволення Києва у 1943 році Управління ГМС Київського військового округу переїхало 15 вересня 1944 року у новий адміністративний будинок за адресою вул. Золоторітська, 6. (Прим. авт.)

**Метеорологічна обсерваторія Київського університету, яка від часу заснування, (травень 1855 р.) перебувала у складі Міністерства народної освіти Російської імперії, потім – Народного Комісаріату просвіти УСРР, після 20-х рр. XX століття водночас була кореспондентською установою УкрМету (М. І. Баранова із 1923 року перебувала в штаті Метеорологічної обсерваторії і зарахована до складу та реєстру УкрМету, а установа отримувала матеріальне забезпечення для метеорологічних спостережень) та тривалий час структурним підрозділом ГІМЕІНу. З 1924 р. відійшла до УкрНауки, з часом – до Української Академії Наук. Але її виробничо-методична діяльність весь час проходила під керівництвом Гідрометеорологічної служби. У 1927 р. академік Б.І. Срезневський подав проект нової структури обсерваторії: 1) метеорологічна станція I розряду; 2) випаровувальна станція; 3) актинометрична станція; 4) аерологічна станція; 5) кабінет фізичної географії; 6) музей приладів і діаграм; 7) кафедра геофізики та с/г метеорології; 8) бібліотека. При реформуванні нової структури Академії Наук у 1934 р. вона перетворилася на Геофізичну обсерваторію Інституту геології Української Академії наук, якою нетривалий час керував академік Б. І. Срезневський і на базі якої наприкінці 30-х років був сформований сектор геофізики Інституту геології Академії Наук УРСР. Паралельно в будинку на Толстого, 14-б існувала геофізична секція ГІМЕІНу та Метеорологічна обсерваторія як метеорологічна станція I розряду. Обсерваторія існувала до 1943 р. (з кінця липня 1936 року та до кінця вересня 1941 року вона мала 11 розряд), послідовно відзначаючи ювілейні дати від часу заснування у 1925, 1930 та 1935 роках під назвою Київська метеорологічна обсерваторія [Див. : тлумачення у енциклопедичному словнику Брокгауза та Ефрона]. З будівництвом Бориспільської аерологічної та метеорологічної обсерваторії на початку 30-х років XX ст., [2] її первісна назва у другій половині 30-х років XX ст. зникла і в публікаціях вона згадувалася як «Бориспільська аерофізична, а у 40 роках XX ст. як Київська геофізична обсерваторія», через приєднання геофізичних секцій ліквідованого ГІМЕІНу. [2] Плутанина у історичних розвідках окремих дослідників полягає в перенесенні на минуле сучасних уявлень та поглядів. Із особової справи завідуючого кафедрою метеорології географічного факультету КДУ І. К. Половка відомо, що у 30-і роки він одночасно перебував на посадах : інспектора УкрМету, геофізика Київської метеорологічної обсерваторії, викладача Університету, секретаря

Фізично-географічного інституту Академії Наук УРСР, старшого наукового співробітника інституту геології. (законодавство держави до війни через брак фахівців та службових приміщень дозволяло робити такі суміщення). У листопаді 1943 року до садиби Київської метеорологічної обсерваторії переїхав підрозділ від зруйнованої в часи окупації обсерваторії з Борисполя на чолі із В.П. Поповим, і кілька місяців ця організація працювала як метеостанція Київ-Бориспіль. 22 квітня 1944 року рішенням Раднаркому УРСР відновлено діяльність метеостанції Київ-Бориспіль як Київської геофізичної обсерваторії за адресою вул. Толстого, 14-б. На території садиби тривалий час, крім структурних підрозділів Київської геофізичної обсерваторії, розміщувалася майбутня гідрологічна станція, човни та майно гідрографічної партії, і до 1964 р. перебував гідрологічний відділ, очолюваний Б.М. Штейнгольцем (кілька років у штаті обсерваторії), зберігалися документи майбутнього Гідрометфонду [Див. : “Информационный Бюллетень УГМС УССР, № 4-5, Киев, 1946 г.” – Прим. авт.]. Із 1953 року, з моменту створення УкрНДГМІ до побудови будинку інституту його наукові відділи тимчасово перебували у будинку обсерваторії, а метеорологічна, агрометеорологічна та аерологічна станції разом із гідрографічною партією, режимними підрозділами та архівним фондом колишньої Геофізичної обсерваторії залишилися в структурі УГМС УРСР, а у 1956 році в заходах підготовки до Міжнародного геофізичного року вони склали штат Київської метеорологічної обсерваторії. Основні режимні відділи, крім відділу Б. М. Штейнгольца, до 1959 року перебували в адміністративному будинку УГМС УРСР. Під час святкування 100-річчя геофізичної обсерваторії в Києві у жовтні 1955 року в однаковій мірі надійшло привітання та нагородження від ГУГМС СРСР як до працівників УГМС УРСР, так і до науковців УкрНДГМІ (на той час і до 1992 року він перебував у Всесоюзному підпорядкуванні). На пленарному засіданні у актовій залі Президії АН УРСР були присутні: 30 гостей з керівних та наукових установ Росії, Грузії, України і військових; понад 80 начальників та співробітників від мережі УГМС УРСР; від УкрНДГМІ – 50 науковців. Працівник обсерваторії із 1910 року І. К. Половко надіслав вітальну телеграму, Т. К. Богатир був відсутній у Києві до початку листопада. Було зачитано багато привітань як закордонних, так і від союзних установ та закладів. Найстаріший, дореволюційний працівник обсерваторії М. І. Баранова, яка ще у 1953 році обіймала посаду старшого інженера-аеролога Геофізичної обсерваторії до складу співробітників УкрНДГМІ не увійшла і була присутня серед учасників Ювілейного засідання в якості старшого техника АМСЦ-Київ. У протоколі засідань відсутня інформація про її виступ. Т. К. Богатир, вшановуючи найстарішого співробітника Геофізичної обсерваторії, 12 листопада 1955 року, після своєї сорокаденної відсутності на роботі, видав наказ про призначення її завідуючою бібліотекою УГМС УРСР [Див. : архіви ДАВОВ, Фонди: 4668 та 4702]. У часопису «Метеорология и гидрология» № 2 лютий 1956 р. (Ленінград) була надрукована стаття Г. Ф. Прихотька «100 лет со дня образования Киевской геофизической обсерватории». А інше бачення – у статті колишнього директора Київської геофізичної обсерваторії, першого директора Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, а з березня 1954 – старшого наукового співробітника цього ж інституту Івана Євстафійовича Бучинського у статті «Сто лет Киевской метеорологической обсерватории», опублікованій у 1956 році в «Известиях Всесоюзного географического общества» (Том 88, вып. 4).

***Євген Володимирович Опоков (1869-1937) – український учений-гідролог, академік УАН УРСР-УРСР та Всесоюзної академії сільськогосподарських наук ім. Леніна. Зачинатель гідрологічних робіт та досліджень в Україні. Засновник української школи наукової гідрології. У 1873 році брав участь у «Західній експедиції з осушення боліт Полісся». Ця робота визначила його подальший шлях. 1917 року обраний професором кафедри гідротехніки Київського політехнічного інституту. 1918-1919 рр. – починає читати в інституті лекції з гідрології, меліорації та розробки торфових родовищ. На науково-технічній раді УкрМету у вересні 1922 р. разом інженером Наркомзему С.К.

Комарницьким доповів першу «Програму праць Гідрометеорологічного бюро УкрМету», започаткувавши у структурі організації гідрометеорологічну секцію, і очолював її до 1925 року. Активна робота гідрометеорологічної секції у 1927 році надала поштовх для переходу гідрометричної служби Наркомзему до Української метеорологічної, надавши їй нову назву – Українська метеорологічна і гідрологічна служба (УМГС). Дивись «Праці Центральної геофізичної обсерваторії». Випуск 3 (17). Під редакцією О.О.Косовця. Київ «Інтерпрес ЛТД» 2007 р., с. 7-8. Наприкінці 1923 року гідрометеорологічна підсекція запровадила у практиці гідрологічних робіт розроблену на кафедрі гідротехніки Київського політехнічного інституту методику прогнозування рівней висот р. Дніпра, яка суттєво відрізнялася у кращій бік від подібної методики Російського гідрологічного інституту. Учні Є. В. Опокова опрацювали методику гідрологічних прогнозів: інженер В. О. Назаров склав по ній керуючий документ, його з часом вдосконалив – А. В. Огієвський.[4].

****Станіслав Карлович Комарницький (1888-1937) – разом із Є. В. Опоковим, зачинатель гідрологічної служби в УкрМеті, з 1925 року головний гідролог: УкрМету, УМГС, ГІМЕКОМу, ГУЄГМС – професор Української академії наук. (дивись статтю: О. Косовець, М. Довгич, В. Соколов «Політичні репресії працівників гідрометслужби УСРР – УРСР у 1930 1940-х рр. у науковому і документальному журналі 3 архівів ВУЧК-ГПУ-НКВД-КГБ № 2 (35) Київ – Харків 2010 р.»).

*****Олександр Павлович Артем'євський (1875 – 1935) професор Фізично-географічного інституту Української академії наук, гідротехнік. 1899 року закінчив природниче відділення фізико-математичного факультету Харківського університету. 1904 року – інженерне відділення Київського політехнічного інституту. Після закінчення працював у Київському відділенні шляхів сполучень. Із 1907 року викладач Київського політехнічного інституту. У 20-х роках ХХ ст. викладає у Київському інституті народного господарства. У квітні 1919 року обраний до гідротехнічної підсекції гідрологічної секції Української академії наук, яку очолював М.І. Максимович. Його колегами по установі були: завідувач гідрологічної підсекції – С.К. Комарницький, меліоративної підсекції – Є.В. Опоков. 1917 – початок 20-х років ХХ ст. – завідувач частиною Водного будівництва, Водних досліджень та гідрометрії Дніпровського управління річкового пароплавства, якому підпорядковувалася «Гідрометрична станція біля Києва». Вона існує з 1912 року, (репер біля гідрологічного посту на правому березі помічений «№1 МПС Гидром. ст. 1912 г.» згадується на стр. 21 в Гидрологическом ежегоднике 1941-1944 гг., том 2, бассейны Черного и Азовского морей, выпуск 2-5), а перші витрати води були виміряні у травні 1913 року на гідрологічному створі вище Миколаївського ланцюгового мосту. Саме ці дані використані при побудові початку розрахункової кривої О.П. Артем'євським у висновках гідрометеорологічного аналізу катастрофічної повені на Дніпрі біля Києва 1931 року. [5,17](рис. 17).

Список літератури

1. Премьер-министр Украины Николай Азаров поздравил сотрудников гидрометеорологической службы в Украине с профессиональным праздником – 90-летием начала образования Национальной гидрометеорологической службы и 175-летием начала проведения регулярных метеорологических наблюдений на территории Украины. <http://nbnews.com.ua/news/19200/>. 2. Гидрометеорологическая служба Украины за 50 лет Советской власти» - Л. : Гидрометиздат, 1970. 3. *Декадні бюлетені* Гідрометеорологічного комітету за 1931 рік / Хроніка. Київ. 4. Назаров В. Повідь 1931 р. на р. Дніпрі та її завбачення / В. Назаров // Погода й Життя. – 1931. – Ч. 6. – С. 149-166. 5. Повідь 1931 року в Києві ; [Видання Київської Міськради]. – К., 1932 – 80 с. 6. Повідь триває / Добірка повідомлень з газети «Пролетарська правда», орган Київського міському КП(б)У, № 98, неділя 3 травня 1931 р. 7. Повідь триває /. Добірка повідомлень з газети «Дніпровський

Водник» Орган Дніпровського управління річкового пароплавства 5 травня 1931 р., вівторок № 41 (140). **8.** Таблица метеорологических наблюдений ТМ-1, инв. 13276, метеостанция Кагановичи (Полесское), 1930-1935 (октябрь 1930 – апрель 1931 гг.) Галузевий державний архів гідрометслужби України (ГДА). **9.** Таблица метеорологических наблюдений ТМ-1, инв. 6238 метеостанция Чернигов 1928-1931 гг. (октябрь 1930 – апрель 1931 гг.) ГДА. **10.** Постанова Президії ВУЦВК про повінь на Дніпрі. Газета «Дніпровський водник» Орган Дніпровського управління річкового пароплавства № 42 (141) середа 6 травня 1931 р. **11.** Формуляр 193 (1) инв. 21346 ГДА. **12.** Богданов М. Ф. Краткий обзор гидрологических экспедиционно-исследовательских и полевых работ, произведенных в СССР в 1929 г./ М. Ф. Богданов - Вып. X – Издание Государственного гидрологического института, Ленинград – 1931 – 48 с. **13.** Сборник инструкций для производства гидрометрических работ и наблюдений / Издание Наркомзема – 1925. **14.** Магура І. С. Небувала повінь Дніпра 1931 р. / І. С. Магура // Гідрометеорологічний календар на 15-16 рік пролетарської революції ; гідрометеорологічного комітету УСРР. **15.** Центральний державний кінофотофоноархів ім. Г. С. Пшеничного, кіножурнал №23/358, 1931р., Одеська кінофабрика Українфільму, инв. 1521. **16.** Державний архів вищих органів влади і управління (ДАВОВ) Ф.27 – од. зб.13 – С. 40. **17.** Ведомость измеренных расходов воды до 1936 г. 4 гидрологический район, Р-6 (Матеріали відділу гідрології ЦГО). **18.** Швець Г. І. Водність Дніпра / Г. І. Швець. – К. : вид-во АН УРСР, 1960. – 182 с. **19.** Рожен А. О чем шумит седой Днепр под высокой кручей //Зеркало недели. – № 48 от 30.10.1996. **20.** Бетин В. В. Суровость зим в Европе и ледовитость в Балтике / В. В. Бетин, Ю. В. Преображенский. – Л. : Гидрометиздат, 1962. **21.** Борисенков Е. П. Летопись необычайных явлений природы за 2,5 тысячелетия / Е. П. Борисенков, В. М. Пасецкий. – СПб : Гидрометеоиздат, 2002. **22.** Шовкопляс І. Г. Археологічні дослідження на Україні (1917-1957) / І. Г. Шовкопляс ; Інститут археології АН УРСР. – К. : Вид-во АН УРСР, 1957. **23.** Швець Г. І. Использование историко-технических данных для освещения режима Днепра / Г. И. Швець // Проблемы истории науки и техники. – К., 1963. – С. 112-113. **24.** Швець Г. І. Многовековая изменчивость стока Днепра / Г. И. Швець. – Л. : Гидрометиздат, 1978. – 57 с. **25.** Строительные нормы и правила определения расчетных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83 / Издание официальное. Государственный комитет СССР по делам строительства. – М., 1985.

Значення катастрофічної повені на Дніпрі біля Києва 1931 року для визначення максимальних характеристик стоку (хроніка події та науково-історичний нарис)

Косовець О.О., Довгич М.І., Самойленко Н.А., Соколов В.В.

Викладено події, що мали місце на р. Дніпро біля Києва 1931 р. Дано аналіз праці вчених-гідрологів України. За значенням виміру максимальних витрат цю повінь було включено у хронологічний ряд екстремальних природних явищ світового масштабу за останні 5000 років.

Ключові слова: *повінь, гідрологічні характеристики, максимальні витрати.*

Значение катастрофического наводнения на Днепре возле Киева 1931г. для определения максимальных характеристик стока (хроника событий и научно-историческое изложение)

Косовец А.А., Довгич М.И., Самойленко Н.А., Соколов В.В.

Описаны события, имевшие место на р. Днепр возле Киева 1931г. Дан анализ работы учёных-гидрологов Украины. По результатам измерения максимального расхода это наводнение было включено в хронологический ряд экстремальных природных явлений мирового масштаба за последние 5000 лет.

Ключевые слова: *наводнение, гидрологические характеристики, максимальный расход.*

The value of the catastrophic floods on the the Dnipro river near Kyiv in 1931 for determination maximum flow characteristics.

Kosovets O., Dovgich M., Samoylenko N., Sokolov V.

Events that are related to distinguishing the maximum level of flood on the Dnipro in 1931 have been described. This flood was included into the chronological table of extreme natural phenomena for the last 5000 years. The international significance of these hydrological studies has been determined.

Keywords: *maximum water levels; flood; hydrological characteristics*

Надійшла до редколегії 18.11.2011

УДК 551.482

Винарчук О.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ В БАСЕЙНАХ РІЧОК ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ (РІЧКИ СУЛА, ПСЕЛ ТА ВОРСКЛА)

Ключові слова: *водокористування, водовідведення, забір та використання води, скиди стічних вод і забруднюючих речовин*

Актуальність теми. Вплив господарської діяльності на водні ресурси проявляється, в першу чергу, у зміні гідролого-гідрохімічного режиму та якості поверхневих та підземних вод басейнів річок Сула, Псел та Ворскла, як безпосередньо [4,6], так і через геосистемні взаємодії [5]. Важливим чинником впливу господарської діяльності на гідролого-гідрохімічні характеристики річок із є водокористування та водовідведення [2], облік яких здійснюється Державним агентством водних ресурсів України.

Метою даної роботи є дослідження впливу водокористування та водовідведення на водні ресурси основних річок Лівобережного Лісостепу – Сули, Псла і Ворскли.

Матеріали та методика досліджень. Для характеристики та оцінки господарської діяльності у басейнах річок Лівобережного Лісостепу використовувалися дані державного агентства водних ресурсів України, а саме дані Державної статистичної звітності за формою 2-ТП (водгосп) за останні 20 років (1991 – 2010 рр.), за якими виводилися осереднені дані по п'ятирічках [3].

Слід відзначити, що басейни річок Лівобережного Лісостепу характеризуються середнім рівнем господарської освоєності території. Річки Псел та Ворскла є транскордонними річками, які, крім території України, протікають по території Курської та Белгородської областей Росії. На території України річки Сула, Псел та Ворскла протікають по 27 адміністративних районах двох областей – Сумської та Полтавської [2].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)

Основними водокористувачами в басейнах річок Лівобережного Лісостепу є промисловість, житлово-комунальне та сільське господарства. В посушливі роки вода використовується для зрошення та зволоження сільгоспугідь [1].

Виклад основного матеріалу. У цілому, за останні двадцять років, у басейнах річок Сула, Псел та Ворскла спостерігається чітка тенденція до зменшення забору та використання води, а також до зменшення обсягів скидів стічних вод і забруднюючих речовин (рис. 1). Так, за осередненими даними по п'ятирічках (1991 – 2010 рр.) річний забір води у басейні річок Лівобережного Лісостепу зменшився у 2,1 рази – з 399,5 до 188,12 млн. м³. Хоча забір підземних вод зменшився у 2,3 рази, його частка в сумарному заборі води майже не змінилася і становить 69 – 63 %.

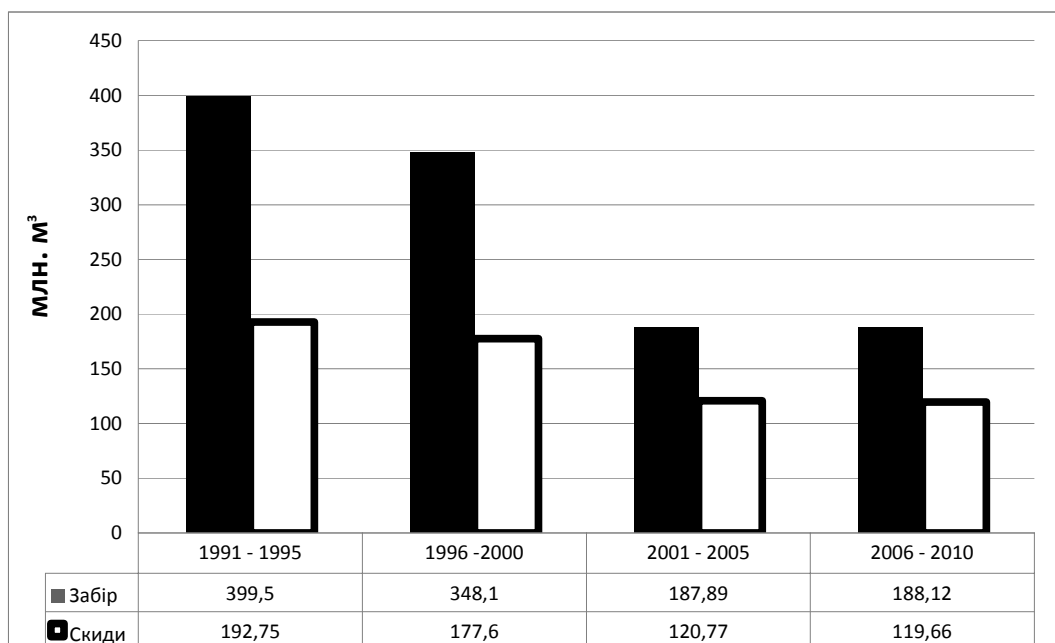


Рис. 1. Динаміка забору та скидів води в басейнах річок Лівобережного Лісостепу за даними державної статистичної звітності за формою 2-ТП (водгосп) за відповідними періодами (1991 – 1995 рр., 1996 – 2000 рр., 2001 – 2005 рр., 2006 – 2010 рр.), млн. м³

Таким чином, у басейнах річок Лівобережного Лісостепу (р. Сула, р. Псел та р. Ворскла) більше використовуються ресурси підземних вод. Вони становили 278,95 млн. м³ у середньому на рік за період 1991 – 1995 рр., а у 2006 – 2010 рр. зменшилися до 119,37 млн. м³, тобто у 2,3 раз (рис. 2).

Зменшення забору води в басейнах річок Лівобережного Лісостепу спричинено, перш за все, відповідним зменшенням у 2,3 рази, використаної води на виробничі потреби – з 120,21 до 51,61 млн. м³ за періоди, що розглядаються (рис. 3). Виробничі потреби становили 31% від усього об'єму використаної води у басейнах. Звертає увагу різке зменшення використаної води на зрошення – з 24,59 до 0,041 млн. м³. При цьому частка використаної на зрошення води зменшилася з 6 до 0,026 % від загальної кількості води.

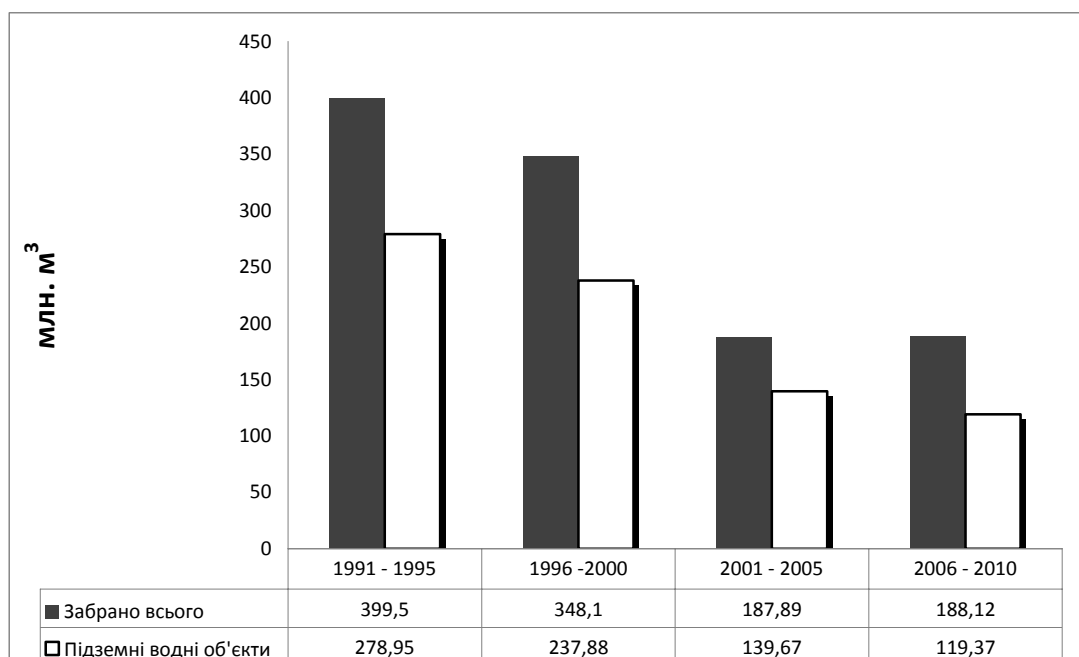


Рис. 2. Динаміка забору води із природних водних об'єктів, в тому числі із підземних водних об'єктів, в басейнах річок Лівобережного Лісостепу за даними державної статистичної звітності за формою 2-ТП (водгосп) за відповідними періодами (1991 – 1995 рр., 1996 – 2000 рр., 2001 – 2005 рр., 2006 – 2010 рр.), млн. м³

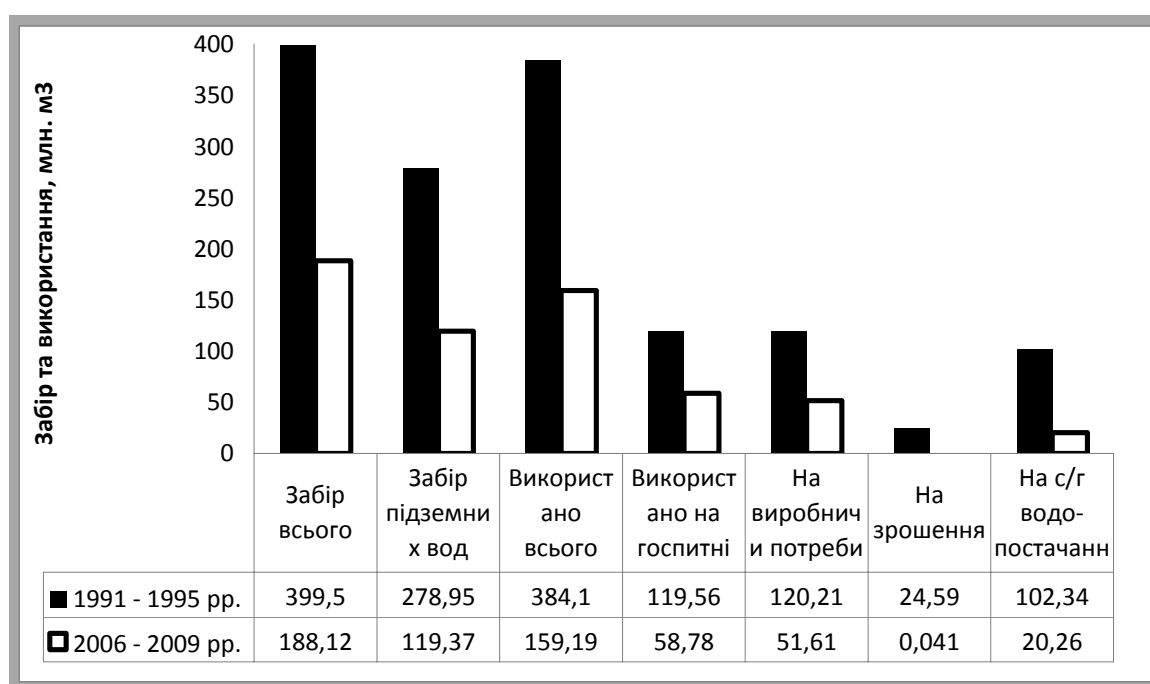


Рис. 3. Показники забору та використання води на різні потреби в басейнах річок Лівобережного Лісостепу у порівнянні за відповідними періодами 1991 – 1995 рр., 2006 – 2010 рр.), млн.м³

На господарсько-питні потреби використання води також зменшилося – з 119,56 до 58,78 млн. м³, тобто у 2,03 раз. Але частка питної води від загальної кількості використаної води збільшилася з 31 до 37 %.

На сільськогосподарське водопостачання використання води зменшилося – з 102,34 до 20,26 млн. м³, тобто у 5,05 рази. При цьому частка використаної на сільське господарство води зменшилася з 26,6 до 12,7 %.

Значне скорочення забору поверхневих вод у басейнах річок Лівобережного Лісостепу призвело до зменшення скидів стічних вод різної категорії якості (рис. 4).

Так, за період 1991 - 1995 рр. щорічно скидалося у середньому 192,75 млн. м³, а протягом 2006 – 2010 рр. – 119,66 млн. м³. Об'єм скидів у цілому зменшився у 1,6 рази, що відповідає тенденції і зменшення забору води у басейнах річок, (у 2,1 рази), хоча й не є адекватним.

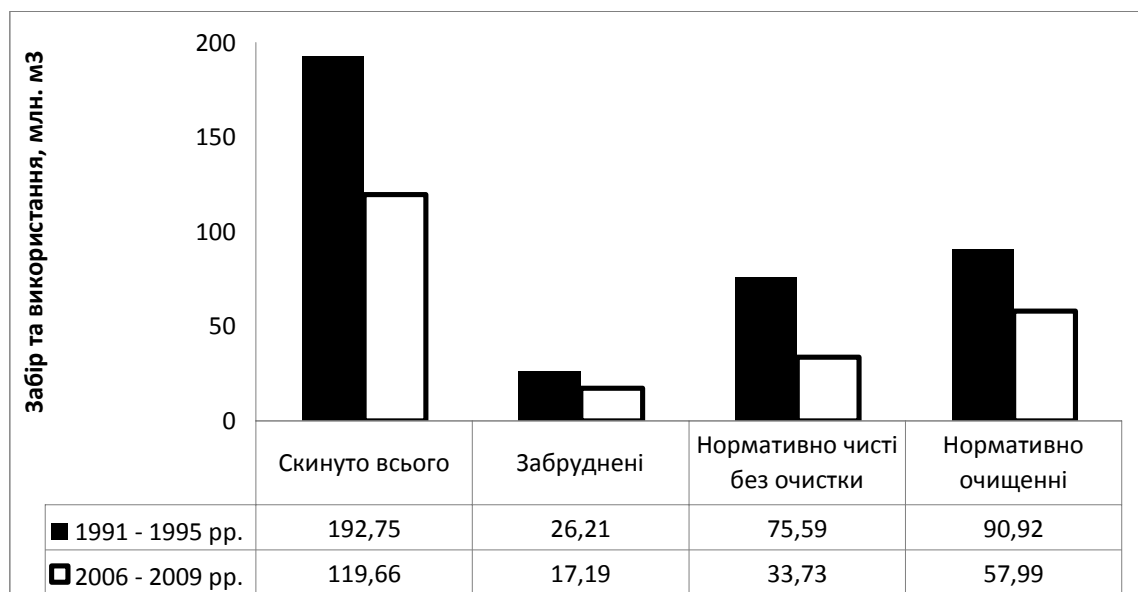


Рис. 4. Скиди стічних вод різної категорії очищення в басейнах річок Лівобережного Лісостепу за відповідними періодами (1991 – 1995 рр. і 2006 – 2009 рр.), млн. м³

При цьому скид нормативно очищених вод зменшився у 1,6 рази, з 90,92 до 57,99 млн. м³, нормативно чистих без очистки – зменшився у 2,2 рази, з 75,59 до 33,73 млн. м³. Але обсяги скидів забруднених стічних вод зменшується порівняно мало – з 26,21 до 17,19 млн. м³ (зменшення в 1,5 рази).

Таким чином, частка нормативно очищених та нормативно чистих стічних вод у 1991 – 1995 рр. становила 86% від загального об'єму скидів, без очистки скидалося близько 14%, а у 2006 – 2010 рр. частка останніх у загальному об'ємі стічних вод залишилася не змінною (14%).

Зменшення забору поверхневих вод та, відповідно, і скидів стічних вод у басейнах річок Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла) за останні двадцять років пояснюється, в цілому, соціально-економічними негараздами в країні та зменшенням обсягів виробництва.

Аналізуючи найбільш значних водокористувачів в басейнах річок Лівобережного Лісостепу, можна виділити наступні об'єкти в басейні річки Псел – АТ «СМПО ім. Фрунзе», (виробництво хімічного обладнання), м. Суми (водозабір - 3,90 тис. м³/добу); виробниче об'єднання «Хімпром», м. Суми (14,09 тис. м³/добу). В басейні річки Хорол (притока р. Псел) -

Миргородське виробниче управління водоканалізаційного господарства (ВУВКГ) (6,20 тис. м³/добу). В басейні річки Сула - Лубенське ВУВКГ (5,19 тис. м³/добу), Лубенська ковдряно-повстяна фабрика (3,89 тис. м³/добу). В басейні річки Ворскла - Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат (79,17 тис. м³/добу) [7].

Річка Псел. АТ «СМПО ім. Фрунзе» (виробництво хімічного обладнання), м. Суми. Об'єм скидів стічних вод АТ «СМПО ім. Фрунзе», становить 0,257 млн. м³ у рік. Всі стічні води оцінюються як недостатньо очищені. В 2000 р. зі стічними водами даного підприємства в р. Псел надійшло: нафтопродуктів - 0,644 т; сульфатних іонів (SO₄²⁻) - 0,030 тис. т; хлоридних іонів (Cl⁻) - 0,013 тис. т; заліза - 0,149 т; завислих речовин - 0,014 тис. т.

Виробниче об'єднання "Хімпром", м. Суми. Об'єм скидань стічних вод ВО "Хімпром", м. Суми складає 5,145 млн. м³ у рік, з них 4,312 млн. м³ оцінюються як недостатньо очищені. В 2000 р. зі стічними водами даного підприємства в р. Псел надійшло: сульфатних іонів (SO₄²⁻) - 1,702 тис. т; хлоридних іонів (Cl⁻) - 0,549 тис. т; азоту амонійного (NH₄⁺) - 0,022 тис. т; азоту нітратного (NO₃⁻) - 0,008 тис. т; заліза - 0,4 т.

Для кількісної оцінки ступеня впливу скидів стічних вод підприємств м. Суми на якість води р. Псел були використані дані спостережень гідрометеорологічної служби МНС України в створах спостереження вище й нижче міста.

Обробка рядів спостережень за хімічним складом на двох створах р. Псел (0,5 км вище м. Суми й 6 км нижче м. Суми) дозволила виявити значний вплив підприємств міста на якість води досліджуваної річки.

Витрата стічних вод АТ "СМПО ім. Фрунзе" у середньому за рік не перевищувала 0,008 м³/с, що значно нижче природних значень водного стоку р. Псел - 23 м³/с. Фактичне розбавлення становить близько 3000 разів.

Витрата стічних вод ВО "Хімпром" у середньому за рік досягала 0,16 м³/с, що в 143 рази нижче природних значень водного стоку р. Псел.

Отримані дані свідчать, що кисневий режим у річці сприятливий, характер змін вмісту O₂ у воді має закономірний характер, а його середні концентрації на ділянці м. Суми практично не змінюються.

Що стосується забруднення води органічними речовинами, оцінюваного за показником БСК₅, то його значення нижче міста збільшується в 2 рази в порівнянні зі значеннями вище міста, що говорить про значний вплив скидних вод м. Суми.

Присутність амонійних форм азоту (NH₄⁺) свідчить про свіже забруднення стічними водами. У цілому забруднюючий вплив міста по цьому компоненту не значний і становить 15%. Абсолютні значення середньорічних концентрацій NH₄⁺ зростають від 0,13 мгN/дм³ до 0,15 мгN/дм³.

Характер хімічного складу води р. Псел свідчить про наявність промислового забруднення. У першу чергу це стосується важких металів. Так, вміст міді зростає від 5,4 мкг/дм³ (вище міста) до 7,7 мкг/дм³ (нижче міста). Хоча мідь належить до групи біометалів, однак, вона, починаючи з певних концентрацій, проявляє токсичну дію стосовно живих організмів.

Вміст міді в природних водах суворо нормується й не повинно перевищувати 1 мкг/дм³.

Отримані дані свідчать про значні забруднення води р. Псел таким токсичним сполуками як фенол. Якщо вище міста він не зафіксований у воді річки, то нижче міста забруднення фенолами досягає рівня 10 мкг/дм³, що в 10 разів перевищує вимоги затверджених нормативів і фактично досягає рівня ВЗ (високого забруднення).

У цілому, отримані дані дозволяють констатувати значний вплив підприємств м. Суми на якість води р. Псел. Рівень забруднення р. Псел починає набувати відчутного характеру. Необхідно організувати відповідні заходи щодо скорочення надходження стічних вод різного ступеня очищення з підприємств м. Суми в річку.

Річка Хорол (притока р. Псел). *Миргородське ВУВКГ.* Об'єм скидів стічних вод Миргородського ВУВКГ становить 2,577 млн. м³ у рік. Уся вода, що скидається, оцінюється як недостатньо очищена. В 2000 р. зі стічними водами даного комунального підприємства в р. Хорол надійшло: нафтопродуктів - 0,263 т; сульфатних іонів (SO_4^{2-}) - 0,268 тис. т; хлоридних іонів (Cl^-) - 1,087 тис. т; амонійного азоту (NH_4^+) - 0,002 тис. т; нітратних іонів (NO_3^-) - 0,025 тис. т; СПАР - 0,582 т; заліза - 0,231 т; завислих речовин - 0,034 тис. т.

Для кількісної оцінки ступеня впливу скидань стічних вод Миргородського ВУВКГ на якість води р. Хорол були використані дані спостережень гідрометеорологічної служби МНС України в створах спостереження 0,5 км вище й 4,0 км нижче м. Миргород.

Оброблено результати щомісячних даних про вміст головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин (по перманганатній та біхроматній окиснюваності), важких металів, фенолів, СПАР, нафтопродуктів у поверхневих водах р. Хорол у зазначених створах.

У цілому, витрати стічних вод Миргородського ВУВКГ незначні – у середньому за рік 0,08 м³/с, що значно нижче природних витрат річки, які протягом останніх років коливалися в межах 2-5 м³/с. Для водного стоку р. Хорол в останні роки відзначається тенденція до зниження величин природних витрат.

Незважаючи на суттєве розведення стічних вод, результати виконаних розрахунків показали, що за низкою гідрохімічних параметрів води р. Хорол простежується досить чітка тенденція їх зростання в створі 4 км нижче м. Миргород.

Так, виявлено істотне збільшення мінералізації води, яка зростає від 960 мг/дм³ до 1110 мг/дм³, що складає 15% приросту.

Відзначена зміна мінералізації води обумовлена зростанням концентрації хлоридних іонів - на 52% у порівнянні з величинами вище міста; магнію й сульфатних іонів - відповідно на 32% і 25% у порівнянні з фоновими величинами вище міста.

Розрахунки показали, що середньорічна концентрація розчиненого у воді кисню у створі спостереження вище м. Миргород за період 1990-2000 рр. становила $9,4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

У створі спостереження 4 км нижче міста вміст розчиненого кисню зменшився до $7,6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Можна припустити, що зниження вмісту кисню пов'язано з його активною витратою на окиснення органічних речовин, якими, як правило, багаті стічні води ВУВКГ.

Для амонійного азоту (NH_4^+) суттєвого збільшення концентрацій у створі спостереження 4 км нижче міста не відзначено. Однак для нітратної форми азоту, яка служить ознакою постійної присутності застарілих стічних вод, таке збільшення було виявлено. У поверхневих водах р. Хорол вище м. Миргород концентрації NO_3^- складали $0,145 \text{ мгN}/\text{дм}^3$, а нижче міста вони збільшилися до $0,174 \text{ мгN}/\text{дм}^3$. Ймовірно, екосистема р. Хорол бореться з додатковим надходженням азоту за рахунок активного протікання процесу нітрифікації.

Практично аналогічний характер зміни концентрацій виявлено для цинку (Zn^{2+}), вміст якого змінюється в створах вище й нижче міста від 10 до $13 \text{ мкг}/\text{дм}^3$.

Звертає на себе увагу суттєве збільшення (до 30%) вмісту нафтопродуктів. Їхня концентрація вище міста склала $0,019 \text{ мг}/\text{дм}^3$, а нижче міста зросла до $0,033 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

У цілому, можна відзначити відчутний вплив стічних вод Миргородського ВУВКГ на якість води р. Хорол.

Річка Сула. Лубенське ВУВКГ. Об'єм скидань стічних вод Лубенського ВУВКГ становить $1,893 \text{ млн. м}^3$ у рік. З них без очищення скидається $0,004 \text{ млн. м}^3$ і $1,89 \text{ млн. м}^3$ - недостатньо очищених. В 2000 р. зі стічними водами даного підприємства в р. Сула надійшло: нафтопродуктів - $0,019 \text{ т}$; сульфатних іонів (SO_4^{2-}) - $0,186 \text{ тис. т}$; хлоридних іонів (Cl^-) - $0,743 \text{ тис. т}$; амонійного азоту (NH_4^+) - $0,007 \text{ тис. т}$; нітратних іонів (NO_3^-) - $0,018 \text{ тис. т}$; СПАР - $0,057 \text{ т}$; заліза - $0,51 \text{ т}$; міді - $0,019 \text{ т}$; цинку - $0,003 \text{ т}$; нікелю - $0,009 \text{ т}$; завислих речовин - $0,028 \text{ тис. т}$.

Лубенська ковдряно-повстяна фабрика. Об'єм скидань стічних вод Лубенської ковдряно-повстяної фабрики у р. Сула складає $1,421 \text{ млн. м}^3$ у рік. З них без очищення скидається $0,003 \text{ млн. м}^3$ і $1,418 \text{ млн. м}^3$ - недостатньо очищених. В 2000 р. зі стічними водами даного підприємства в р. Сула надійшло: нафтопродуктів - $0,029 \text{ т}$; сульфатних іонів (SO_4^{2-}) - $0,125 \text{ тис. т}$; хлоридних іонів (Cl^-) - $0,506 \text{ тис. т}$; амонійного азоту (NH_4^+) - $0,022 \text{ тис. т}$; нітратних іонів (NO_3^-) - $0,029 \text{ тис. т}$; СПАР - $0,143 \text{ т}$; заліза - $0,985 \text{ т}$; завислих речовин - $0,049 \text{ тис. т}$.

Для кількісної оцінки ступеня впливу скидів стічних вод м. Лубни на якість води р. Сула було використано дані спостережень гідрометеорологічної служби МНС України в створах спостереження 0,5 км вище й 0,2 км нижче м. Лубни.

Була проведена обробка результатів щомісячних даних про вміст головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин (по перманганатній

та біхроматній окиснюваності), важких металів, фенолів, СПАР, нафтопродуктів у поверхневих водах р. Сула в зазначених створах.

Результати виконаних розрахунків показали, що за низкою гідрохімічних параметрів води р. Сула прослідковується досить чітка тенденція їх зростання в створі спостереження 0,2 км нижче м. Лубни. Це в першу чергу відноситься до біогенних елементів (амонійні й нітратні форми азоту), сульфатні й хлоридні іони, феноли й шестивалентний хром. Концентрація амонійного азоту в поверхневих водах р. Сули (0,5 км вище м. Лубни) у середньому за 2000 р. становила $0,14 \text{ мгN/дм}^3$, у той час як у створі спостереження 0,2 км нижче міста - $0,18 \text{ мгN/дм}^3$. Для нітратних іонів характер розподілу склав - $0,12 \text{ мгN/дм}^3$ - у створі спостереження вище міста й $0,15 \text{ мгN/дм}^3$ у створі спостереження нижче міста. Вміст сульфатних іонів збільшився з $79,0 \text{ мг/дм}^3$ до $89,0 \text{ мг/дм}^3$; хлоридних іонів з $93,0$ до $115,0 \text{ мгN/дм}^3$.

Відзначено значне забруднення поверхневих вод р. Сула фенолами. Середньорічна концентрація фенолів у створі 0,2 км нижче м. Лубни в порівнянні з вищчєрозташованим створом збільшилася в 10 разів і склала $0,010 \text{ мг/ мгN/дм}^3$.

По важких металах (крім Cr^{6+}) не відзначено забруднення поверхневих вод р. Сула підприємствами міста Лубни.

Середньорічна витрата води в створі м. Лубни в 1999 р. становила $25,0 \text{ м}^3/\text{сек}$. Максимальні витрати, характерні для весняної повені, варіювали в цей період у межах $60,0\text{-}130,0 \text{ м}^3/\text{сек}$. При середніх витратах стічних вод Лубенського ВУВКГ у межах $0,06 \text{ м}^3/\text{сек}$, рівні природнього розведення в середньому складають більше 400 разів.

При середніх витратах стічних вод Лубенської ковдряно-повстяної фабрики в межах $0,045 \text{ м}^3/\text{сек}$, рівні природнього розведення в середньому складають більше 550 разів.

З урахуванням сумарного об'єму стічних вод Лубенської ковдряно-повстяної фабрики й Лубенського ВУВКГ рівень розведення складе тільки 230 разів, що в окремих випадках може бути недостатнім для формування стійкості екосистеми.

Річка Ворскла. *Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат.* Обсяг скидань стічних вод Полтавського ГЗК становить $14,64 \text{ млн.м}^3$ у рік. Вся вода, що скидається, характеризується як недостатньо очищена. В 2000 р. зі стічними водами даного підприємства в р. Ворскла надійшло: нафтопродуктів - 11,95 т; сульфатних іонів (SO_4^{2-}) - 9,24 тис.т; хлоридних іонів (Cl^-) - 12,37 тис. т; амонійного азоту (NH_4^+) - 0,029 тис. т; нітратних іонів (NO_3^-) - 0,164 тис. т; заліза - 3,45 т; завислих речовин - 0,708 тис. т.

Для кількісної оцінки ступеня впливу скидань стічних вод Полтавського ГЗК на якість води р. Ворскла були використані дані спостережень гідрометеорологічної служби Міністерства екології й природних ресурсів України в створах спостереження 1,5 км вище й 2,3 км нижче м. Полтава.

Було проведено обробку даних про вміст головних іонів, біогенних елементів, органічних речовин, важких металів, фенолів, СПАР, нафтопродуктів у воді р. Ворскла в зазначених створах.

Результати розрахунків показали, що вміст розчиненого у воді кисню в створах спостереження вище й нижче міста в 2000 р. змінювався незначно і не опускався нижче ГДК ($11,5-10,9 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$).

Відзначено суттєве збільшення мінералізації води в створі 2,3 км нижче міста при порівнянні зі створом, розташованим в 1,5 км вище міста. Так, якщо вище міста її середньорічна величина становить 635 мг/дм^3 , то нижче міста - 738 мг/дм^3 . Збільшення мінералізації води відбувається в основному за рахунок іонів SO_4^{2-} (з 93 до 108 мг/дм^3), Cl^- (з 75,5 до $95,5 \text{ мг/дм}^3$), HCO_3^- (з 299 до 328 мг/дм^3) і іонів Ca^{2+} (з 99,0 до $104,2 \text{ мг/дм}^3$). Аналогічно збільшується жорсткість води - від 7,26 до $7,72 \text{ ммоль/дм}^3$.

Збільшення концентрації в створі спостереження 2,3 км нижче міста відзначається для хрому (Cr^{6+}) і СПАР ($0,16-0,18 \text{ мг/дм}^3$).

Для фосфатів (PO_4^{2-}) також відзначено збільшення концентрації у створі спостереження 2,3 км нижче міста. Концентрація даного показника збільшилася в 1,2 рази ($0,16 \text{ мг/дм}^3$ вище міста й $0,2 \text{ мг/дм}^3$ нижче міста).

Отримані результати вказують на наявність проблеми забруднення р. Ворскла стічними водами даного підприємства.

Висновки.

1. За результатами виконаних досліджень, за останні двадцять років (1991 – 2010 рр.), у басейнах річок Сула, Псел та Ворскла спостерігається чітка тенденція до зменшення забору та використання води, а також до зменшення обсягів скидів стічних вод і забруднюючих речовин.

2. У басейнах річок Лівобережного Лісостепу (р. Сула, р. Псел та р. Ворскла) для водопостачання більше використовуються ресурси підземних вод (понад 60%).

3. Значне скорочення забору природних вод у басейнах річок Лівобережного Лісостепу (у 2,1 раза) призвело до зменшення скидів стічних вод різної категорії якості. Об'єм скидів зменшився лише у 1,6 рази, що не є адекватним зменшенню забору води у басейнах річок.

4. Скиди нормативно очищених, нормативно чистих без очистки вод зменшився, але скиди забруднених стічних вод залишаються майже незмінними, що, безперечно, негативно впливає на якість річкових вод.

Список літератури

1. *Винарчук О. О.* Вміст головних іонів та мінералізація води річки Ворскла / О. О. Винарчук // Фізична географія і геоморфологія. – 2010. – Вип. 3(60). – С. 215-224;
2. *Винарчук О. О.* Умови формування хімічного складу води та вивченість гідрохімічного режиму річок Лівобережного Лісостепу / О. О. Винарчук, В. К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 219-230;
3. *Вишневський В. І.* Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневський. – К. : Віпол, 2000. – 376 с.;
4. *Водне господарство України: сучасний стан та перспективи розвитку* / [Дорогунцов С. І., Хвесик М. А., Головинський І. Л. та ін.]. – К. : РВПС України, 2002. – 56 с.;
5. *Горев Л. М.* Гідрохімія України / Горев Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. – К. : Вища школа, 1995. – 307 с.;
6. *Косовець О. О.* Сучасний стан забруднення поверхневих вод на території

України за даними спостережень мережі гідрометслужби / Косовець О. О., Онанко Ю. І., Радзієвська Н. Г. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т.11. – С. 257-263; 7. Національний атлас України / НАН України ; редкол.: Б. Є. Патон (голова), А. П. Шпак, Л. Г. Руденко (гол. ред.) [та ін.]. – К. : Картографія, 2007. – 440 с.

Загальна характеристика водокористування та водовідведення в басейнах річок Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла)

Винарчук О.О.

В статті наведено характеристику водокористування та водовідведення в басейнах річок Лівобережного Лісостепу (річки Сула, Псел та Ворскла) за 1991-2010 рр. Спостерігається чітка тенденція до зменшення забору та використання води за даний період, а також до зменшення обсягів скидів стічних вод і забруднюючих речовин.

Ключові слова: водокористування, водовідведення, забір та використання води, скиди стічних вод і забруднюючих речовин.

Общая характеристика водопользования и водоотведения в бассейнах рек Левобережной Лесостепи (реки Сула, Псёл и Ворскла)

Винарчук О.А.

В статье приведена характеристика водопользования и водоотведения в бассейнах рек Левобережной Лесостепи (реки Сула, Псёл и Ворскла) за 1991-2010 гг.. Наблюдается чёткая тенденция к уменьшению забора и использования воды за данный период, а также к уменьшению объёмов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

Ключевые слова: водопользования, водоотведения, забор и использование воды, сбросы сточных вод и загрязняющих веществ.

General characteristic of water use and water removal in pools of the rivers of Left-bank Forest-steppe (small river Sula, Psyol and the Vorskla)

Vinarchuk O. O.

In article the characteristic of water use and water removal in pools of the rivers of Left-bank Forest-steppe (the river Sula, Psyol and the Vorskla) for 1991-2010 years is resulted. The accurate tendency to reduction of a fence and water use for the given period, and also to reduction of volumes of dumps of sewage and polluting substances Is observed.

Keywords: water use, water removal, a fence and water use, dumps of sewage and polluting substances.

Надійшла до редколегії 18.11.11

Данильченко О.С.

Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

РІЧКА ЯК ІНДИКАТОР ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ р. СУМКИ)

Ключові слова: ландшафтно-екологічна ситуація; мала річка; гідрохімічна характеристика

Вступ. Річка, що збирає воду зі свого водозбору, відображає ландшафтно-екологічну ситуацію, що створилася на цій території - певний стан, який характеризується поєднанням ландшафтних екоумов і екопроблем. Негативні зміни природних і антропогенно зумовлених властивостей ландшафтних комплексів (екоумов), що пов'язані, в основному, з господарською діяльністю людини віддзеркалюються у гідрохімічній характеристиці річкової води. Саме мала річка має тісний зв'язок з навколишнім ландшафтом, а отже, процеси, що відбуваються на водозборі малої річки, швидко відображаються на її стані – характеристиках стоку. Екологічні стан малих річок на сучасному етапі надзвичайно гостре та актуальне питання і річки Сумщини в цьому контексті не є виключенням, особливо річки, які перебувають під потужним антропогенним навантаженням. Однією з таких річок є р. Сумка, права притока р. Псел, яка знаходиться під постійним тиском господарської діяльності людини.

Аналіз досліджень і публікацій. Вихідними передумовами даного дослідження є географо-гідрологічний (ландшафтно-гідрологічний) підхід започаткований В. Г. Глушковим [7] та удосконалений та поглиблений А. І. Субботіним, М. І. Львовичем, М. І. Коронкевичем, А. Н. Антиповим та ін. [1, 13, 14]. Основа підходу полягає в ідеї розгляду води як важливої складової географічного ландшафту. Води суші повинні вивчатися на генетичній основі. В залежності від природних умов, головне значення приділяється фізико-географічним факторам. Ландшафтно-гідрологічний підхід враховує не лише природні умови, але і фактори впливу господарської діяльності на стік, що дозволяє визначити ступінь антропогенного навантаження на водозбір. Одним із головних індикаторів ландшафтно-екологічної ситуації Жекулін В.С. називає воду, точніше ступінь її забруднення, говорячи, що вода – це «кров» ландшафту, аналіз якої дозволяє правильно поставити діагноз даної конкретної ландшафтно-екологічної ситуації певного водозбору [10]. Використовуючи принцип цілісності геосистем, О.В. Кадацька розглядає річковий водозбір як геосистему, а в якості індикаторів цієї геосистеми пропонує використати гідрохімічні показники [11]. Дане дослідження базується також на геосистемно-гідрохімічному методі, розробленому та застосованому В. К. Хільчевським, для дослідження

хімічного складу і стоку різних типів природних вод (атмосферних опадів, схилових, річкових, ґрунтових, підземних вод) на елементарних водозборах (геосистемах) малих річок з урахуванням впливу фізико-географічних і антропогенних факторів [17]. Фактичним матеріалом для даного дослідження слугували дані аналітичної лабораторії державного управління охорони навколишнього природного середовища в Сумській області за 2002-2010 роки, лабораторії фізико-хімічних досліджень кафедри хімії СумДПУ ім. А. С.Макаренка за 1992, 2000–2002, 2008 роки та власні дослідження автора.

Формулювання цілей статті, постановка завдання. *Об'єктом* даного дослідження є мала річка Сумської області - Сумка, *предметом* дослідження – умови формування річкового стоку, гідрологічна та гідрохімічна характеристики р. Сумка. Мета роботи полягає у виявленні впливу фізико-географічних та антропогенних факторів на гідрохімічні показники річкової води на прикладі р. Сумки. Реалізуючи поставлену мету, потрібно проаналізувати та виявити особливості природних та антропогенних умов формування стоку річки, охарактеризувати гідрологічну та гідрохімічну ситуацію річки, а також встановити взаємозв'язки між антропогенним навантаженням на басейн р. Сумки та гідрохімічним станом річки.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Особливості природних та антропогенних умов формування стоку річки. Басейн р. Сумки розміщений в межах Псельсько-Ворсклинського межирічного позальодовикового ландшафтного району Середньоруської височинної лісостепової провінції сильно розчленованих лесових рівнин. Формування стоку річок басейну залежить від поєднання цілого комплексу чинників, що взаємодіють між собою. Це насамперед кліматичні фактори та фактори підстильної поверхні. Клімат басейну помірно-континентальний з теплим тривалим літом і відносно холодною зимою: середньосічнева температура повітря складає $-7^{\circ}\dots-9^{\circ}\text{C}$ (мін. -38°C), середньоліпнева $+18^{\circ}\dots+19^{\circ}\text{C}$ (макс. $+33^{\circ}\text{C}$). Атмосферних опадів випадає за рік близько 575-600 мм з максимумом влітку. Літом можливі тривалі посушливі періоди (1972, 1992, 2010 рр.). Під час злив максимальне промочування ґрунту у басейні не перевищує 70 см, не досягає ґрунтових вод. Відносно нестійкий сніговий покрив лежить з середини грудня до середини березня (з 7.12 по 23.03) й під час відлиг може неодноразово сходити. Середня висота снігового покриву в басейні становить 20 см, максимальна 70 см. Найбільша глибина промерзання ґрунту 40 см. Зимою в результаті частих відлиг (кінець січня, початок лютого) на водозборі Сумки можна спостерігати льодову кірку товщиною до 3 см [16].

Геолого-геоморфологічні особливості басейну р. Сумки полягають у наступному: Псельсько-Ворсклинський межирічний позальодовиковий ландшафтний район включає південно-західні відроги Середньоруської височини, що в тектонічному плані відповідають південно-західному схилу Воронезького кристалічного масиву. Корінні гірські породи представлені відкладами крейди та мергелю верхнього мезозою. Ці відклади перекриваються малопотужними відкладами пісків, пісковиків та глин

палеоген-неогенового віку. Четвертинні відклади представлені лесами, лесовидними суглинками. Поверхня – типова ерозійно-денудаційна пластова, підвищена, хвиляста, середньо та слабзорозчленована лесова рівнина із абсолютними відмітками 200-150 м. Перший водоносний горизонт залягає в товщах малопотужних лесових відкладах, але частіше у корінних верхніх мезозойських мергело-крейдових породах. Ці породи характеризуються значною тріщинуватістю та закарстованістю. Глибина рівня поверхніх ґрунтових вод коливається від 7 до 20 та більше метрів [8]. У ґрунтовому покриві домінують чорноземи типові потужні малогумусні на лесовидних суглинках, але також зустрічаються опідзолені та вилугувані чорноземи супіщано-суглинкового механічного складу. Рослинний покрив в основному представлений сільськогосподарськими угіддями на місці кленово-липово-дубових і дубових лісів та природними островами лісів - лісистість басейну близько 4,2 %, заболоченість - 0,5 %.

У формуванні стоку річки особлива увага приділяється господарській діяльності людини, так як басейн річки Сумки розташований в центральній частині Сумської області, а саме у Сумському районі, який є густо заселеним та має значний промисловий та сільськогосподарський потенціал. Антропогенне навантаження на басейн річки надзвичайно високе. Так, згідно Екологічного паспорту Сумської області [9] станом на 1.01.2010 р. розораність басейну склала 58,5 %, урбанізованість 4,6 %, вздовж берегової смуги р. Сумки 3 населених пункти, на притоках Сумки: р. Гуска – 1, р. Липовий Яр – 2, р. Сухоносівка – 3, р. Стрілка – 1, відповідно (в цілому по басейну – 10). Річкова система Сумки значно зарегульована: на р. Сумці – 3 водосховища, р. Гусці – 4, р. Липовий Яр – 4, р. Сухоносівка – 7, р. Стрілка – 2 (в цілому на річкову систему 20). Потрібно зазначити, що через річку Сумку проходить 2 газопроводи та 3 напірних каналізаційних колектори. Ліс відіграє велику роль у життєздатності малої річки, але його кількість весь час зменшується. Лісистість басейну складає 4,2 %, при середній лісистості по фізико-географічній провінції 16 % та 14 % басейну Псла в межах області. Три промислових підприємства-водокористувачі скидають зворотні води та забруднюючі речовини у р. Сумку (табл. 1). Крім того, у річку постійно при таненні снігу та зливах потрапляють зливові води з околиць міста Суми.

Таблиця 1. Скидання зворотних вод та забруднюючих речовин (ЗР) водокористувачами у р. Сумку

Назва водокористувача-забруднювача	2007 рік		2008 рік		2009 рік	
	Об'єм скидання зворот. вод, млн. м ³	Обсяг ЗР, т	Об'єм скидання зворот. вод, млн. м ³	Обсяг ЗР, т	Об'єм скидання зворот. вод, млн. м ³	Обсяг ЗР, т
БАТ СМНВО ім. М.В.Фрунзе	0,283	198	0.242	136,14	0,341	99,3
БАТ «SELMI», м. Суми	0,041	21	0,042	22	0,048	22,02
КП «Садівське», Сумський р-н	0,044	54	0,043	53,48	0,042	52,83

Об'єми скидання зворотних вод до річки за остання 3 роки зросли від 0,368 млн. м³ у 2007 р. до 0,431 млн. м³ у 2009 р., але обсяг забруднюючих речовин має зворотну тенденцію: 273 т у 2007 р. - 174,15 т у 2008 р., майже на 100 т зменшився обсяг забруднюючих речовин. У дослідженні Тюленєвої В.О. [14], що проводилося у 2002 році була зроблена спроба оцінити антропогенні зміни у басейнах малих річок. Розрахований інтегральний показник антропогенних змін басейну р. Сумки дозволив стверджувати, що басейн річки знаходиться у незадовільному стані. Фактори, по яким відбувалося дослідження (наявність та структура приберегових зон, лісистість території, розорюваність, зарегульованість річки, наявність промислових та сільськогосподарських об'єктів, забір та скидання зворотніх вод) в результаті господарської діяльності людини отримали негативні зміни, що вплинуло на незадовільний стан річки.

Гідрологічна характеристика. Річка Сумка – класична мала річка з довжиною 38 км та площею басейну 385 км², початок річки – біля с. Ново-Суханівки Сумського району (3 км на південний захід від села), впадає у р. Псел у центральній частині міста Суми. Коефіцієнт звивистості становить 1,8 – деякі частини русла річки спрямлені, падіння річки незначне – 35 м, що в свою чергу сприяє незначному середньому похилу річки 0,93м/км та зумовлює її повільну течію - 0,1 - 0,4 м/с. Ширина русла в середньому знаходиться в межах 2 – 8 м. Середня густота річкової сітки Сумки становить 0,32 км/км², що є вищим показником за середній по фізико-географічній провінції. Середні витрати води в гирлі річки Сумки становлять 1,16 м³/с, максимальні - 45-50 м³/с, а мінімальні - 0,10 м³/с, середній багаторічний стік – 36,54 млн. м³ за рік [6], шар стоку - 94,9 мм, коефіцієнт стоку - 0,15. Важливий показник - модуль стоку має значення 3,01 л за с з 1 км², що є вищим за відповідний середній показник по ландшафтному району.

Річний хід рівнів води характеризується високою весняною повінню (водопіллям), на яке припадає до 70 % річкового стоку за рік, слабо вираженими дощовими паводками і низькою літньо-осінньою та зимовою меженню. Живлення переважно снігове, але помітну роль відіграють ґрунтові води та дощові води літньо-осіннього періоду. Дощові паводки тривають 1-3 дні, висота підйому рівня води біля 1 м. Весняна повінь може проходити 2-3 піками, зумовленими кліматичними та погодними умовами певного періоду (наприклад, 1992 р.); ранній початок повені, що спостерігався у 1937, 1959, 1974, 1990 роках призводить до поступового танення снігу, збільшує втрати стоку на інфільтрацію, в результаті повинь низька і нетривала. Пізня весна із швидким таненням снігу призводить до формування найбільш високих водопіль, але нетривалих (1940, 1960, 1971 рр.). Річний мінімум спостерігається в період літньої межені, в цей час рівень води, порівняно із середнім знижується майже на півметра, цей період триває близько 1,5 місяці, а в цілому середня тривалість літньо-осінньої межені становить близько 5 місяців. Зимовою рівні води, як правило, дещо вищі ніж влітку, за рахунок нестійкого температурного режиму та, як наслідок, відлиг в певні періоди [15].

Гідрохімічна характеристика. Характер гідрохімічного режиму залежить від цілої низки факторів. Хімічний склад річкової води неоднорідний та коливається в часі в залежності від зміни водного режиму річки та від водності року. При зростанні поверхневого стоку мінералізація річкової води знижується, а при його зменшенні та збільшенні ґрунтового живлення вона зростає. Тому, як правило, під час водопілля і паводків мінералізація виявляється мінімальною, а у межені – досягає найбільших значень.

Згідно гідрохімічного районування в атласі природних умов та природних ресурсів Української РСР р. Сумку відносять до гідрокарбонатно-кальцієвого типу, з різко вираженим гідрокарбонатним складом [2]. При аналізі концентрації головних іонів виявлено, що в різні періоди другу й третю позицію займали різні іони (табл. 2). Так у 1992 р. ситуація була наступна: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ і $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$; у 2002 р.: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ і $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$; у 2011 р.: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ і $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$. Середній показник мінералізації за досліджуваний період становить – 539,42 мг/дм³, за цим показником річку Сумку можна віднести до групи річок з підвищеною (500-1000 мг/дм³) мінералізацією.

За даними аналітичної лабораторії державного управління охорони навколишнього природного середовища в Сумській області концентрації біогенних речовин у воді р. Сумки в досліджуваний період (2002-2010 рр.) згідно санітарним правилам і нормам не перевищували ГДК (табл. 3). Але за даними лабораторії фізико-хімічних досліджень кафедри хімії СумДПУ ім. А.С.Макаренка, періодичні дослідження проведені у 1992, 2000, 2001, 2002 та 2008 роках, показують інше. У 1992 р. спостерігалися перевищення ГДК по іонам амонію – 4,1 ГДК [3].

Таблиця 2. Середньорічна концентрація головних іонів та мінералізація води р. Сумка (гирло), мг/дм³

Рік	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Σ іонів
1992	433,0	39,7	80,7	66,7	22,0	34,9	677,0
2002	317,0	50,0	28,0	40,1	25,0	31,3	491,4
2003	356,0	33,0	25,7	-	-	-	517,0
2004	282,0	26,0	16,0	-	-	-	432,0
2005	256,0	28,9	13,0	-	-	-	310,0
2006	415,0	135,6	51,1	-	-	-	619,0
2007	396,0	40,1	50,5	-	-	-	546,0
2008	389,0	65,9	23,4	62,4	8,5	22,8	572,0
2009	376,0	59,0	20,8	79,2	10,2	27,1	572,3
2010	356,0	58,3	22,2	-	-	-	533,0
2011 (середні значення зимова межень та водопілля)	366,0	121,5	33,18	34,07	77,82	31,3	663,87

Таблиця 3. Концентрація деяких біогенних речовин у воді р. Сумки, мг/дм³

Рік	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁺
1992	8,2	0,20	10,7	1,91
2002	0,6	0,28	7,60	0,48
2003	0,56	0,12	6,34	0,52
2004	0,32	0,08	3,4	0,28
2005	0,63	0,07	4,0	0,25
2006	0,71	0,21	5,0	0,85
2007	1,42	0,08	3,5	0,34
2008	1,6	0,03	8,5	0,83
2009	1,02	0,7	3,4	2,1
2010	0,26	0,03	1,1	0,73
2011	0,35	0,09	5,0	0,2

Якщо розглядати концентрації біогенних речовин відносно критеріїв господарсько-питного водопостачання, то маємо іншу картину: перевищення ГДК по іонах амонію у 1992 р. – 8,2 ГДК, у 2007 р. – 1,42 ГДК, у 2008 р. – 1,6 ГДК, у 2009 – 1,02 ГДК, по нітритах спостерігаємо перевищення ГДК по всім рокам дослідження, нітрати знаходяться в межах норми. У 2000 та 2001 рр. спостерігалися значні перевищення концентрації фосфатів, що становлять близько 10 ГДК, та перевищення концентрації фторидів до 5 ГДК [12].

У 2001-2002 роках гідрохімічні дослідження р. Сумки проводилися у 4 точках, на різній відстані від гирла. Було встановлено у всіх точках перевищення ГДК по фосфатам, що коливається в межах від 4,3 ГДК до 6 ГДК та перевищення ГДК по фторидам, що становлять від 1,28 ГДК до 6 ГДК [4]. У 2008 р. було виявлено перевищення ГДК по іонах амонію під час зимової межени – 2,8 ГДК, а навесні під час водопілля – 1,1 ГДК; по нітратах перевищення ГДК під час осінньої межени – 6,5 ГДК, зимової межени – 5,5 ГДК, водопілля – 1,4 ГДК; по фосфатах під час осінньої межени – 2 ГДК, зимової межени – 1,3 ГДК; концентрація фторидів теж перевищує норму - під час зимової межени - 4 ГДК, а під час водопілля – 3 ГДК [5]. Підвищення концентрації іонів амонію та нітрат-іонів, на наш погляд, можна пояснити значною кількістю азотних добрив, які потрапляють у річку разом із талими снігами та тимчасовими водотоками навколишніх полів, які часто знаходяться в межах водоохоронних зон і тому річка, особливо під час весняного водопілля, перетворюється у резервуар забруднення сільськогосподарського походження. Перевищення ГДК по фосфат-іонах та фторидах, на наш погляд, пояснюється тимчасовими викидами ВАТ «Сумхімпрому» та побутовими стоками, що містять залишки миючих засобів.

Останні 2 роки спостерігається незначне покращення ситуації, концентрація досліджуваних біогенних речовин знаходиться поза межами граничнодопустимої концентрації, що, можливо, пояснюється кризовою ситуацією як у сільському господарстві так і в промисловості.

Але небезпечною є ситуація із наявністю у річковій воді досить високих концентрацій важких металів. Ці сполуки активно впливають на процеси обміну у живих організмах, збільшення їх концентрації може викликати порушення різних процесів та призвести до захворювання і, навіть, до загибелі. Складність в опрацюванні даних полягає у їх неповноті та несистемності. Більш широкий спектр досліджень був проведений дослідниками лабораторії фізико-хімічних досліджень кафедри хімії СумДПУ ім. А.С.Макаренка у 1992, 2000, 2001, 2002 та 2008 роках [3, 4, 5, 12]. Проаналізувавши дані різних інстанцій, можна стверджувати, що перевищення ГДК по залізу та марганцю спостерігаємо по всіх роках, взятих для опрацювання, окрім 2004, 2009, 2010 та 2011 (дані по зимовій межені та водопілля), особливо значні перевищення по залізу маємо у 2003 – 12,9 ГДК; у 2001, 2007 – понад 6 ГДК, по марганцю максимальні значення перевищували у 2001 р. – 3 ГДК та у 2008 р. - 2,5 ГДК (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст та перевищення ГДК важких металів у воді р. Сумки, мг/дм³

Рік, перевищення ГДК (С/ГДК)	Fe	Cu	Mn	Cr	Pb	Co	Cd	Ni	Zn	Sr	Hg
ГДК	0,3	1,0	0,1	0,05	0,03	0,1	0,001	0,1	1,0	7,0	0,0005
1992	0,34	0,01	0,23	0,03	0,04	0,01	0,001	0,02	0,22	1,06	-
С/ГДК	1,13	-	2,3	-	1,33	-	1	-	-	-	-
2000	0,33	0,02	0,12	0,02	0,21	0,001	0,001	0,03	0,04	1,0	0,0035
С/ГДК	1,1	-	1,2	-	7	-	1	-	-	-	7
2001	1,8	0,03	0,3	0,01	0,02	0,001	0,001	0,01	0,04	1,01	0,0015
С/ГДК	6	-	3	-	-	-	1	-	-	-	3
2002	0,39	0,03	0,18	0,01	0,02	0,001	0,001	0,02	0,03	1,0	0,00415
С/ГДК	1,3	-	1,8	-	-	-	1	-	-	-	83
2003	3,89	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	12,9	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,25	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	1,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	6,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,39	0,012	0,25	-	1,16	0,001	0,0001	0,211	0,007	-	-
С/ГДК	1,3	-	2,5	-	38,66	-	-	2,11	-	-	-
2009	0,13	-	0,05	-	-	-	-	-	0,015	-	-
С/ГДК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,12	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
С/ГДК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,2	0,05	0,073	0,01	-	-	-	0,001	0,004	-	-
С/ГДК	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ця особливість пояснюється тим, що для річок Сумського Придніпров'я характерні підвищені концентрації заліза та марганцю означені близькістю Курської магнітної аномалії. Надзвичайна ситуація склалася із величезним показником концентрації свинцю у 2008 році під час осінньої та зимової межень, перевищення склало – 38,66 ГДК, що пояснюється можливістю надходження в річку талих і дощових вод із шосейних доріг міста під час частих відлиг та дощів даного сезону. У 2008 році спостерігалось перевищення по нікелю до 2,11 ГДК. Дослідження по ртуті, що проводилися лише протягом 3-х років (2000–2002), дозволили встановити значні перевищення ГДК даного елементу майже у всіх пробах протягом різних сезонів року, перевищення склало від 3 ГДК до 83 ГДК [4, 12]. Цей факт становить загрозу не лише для водної флори і фауни, а й для людей, необхідний системний контроль міських промислових та побутових скидів та встановлення джерел його надходження у річку, але наступні дослідження було припинено і наявність ртуті у річковій воді не визначалася.

Наявність у значній кількості в природних водах р. Сумки важких металів є ознакою техногенного впливу. Збільшення концентрації важких металів у воді призводить до збільшення концентрації цих елементів у донних відкладах внаслідок адсорбції. Донні відклади являються певним чином «підводним ґрунтом», вони формуються в результаті седиментації завислого у воді матеріалу та взаємодії із водною фазою. Велика кількість важких металів у донних відкладах може сприяти вторинному забрудненню поверхневих вод важкими металами внаслідок їх десорбції та переходу у розчинні форми. Лабораторією фізико-хімічних досліджень кафедри хімії СумДПУ ім. А. С. Макаренка у 2000, 2001, 2002 та 2008 роках було проведено аналізи донних відкладів р. Сумки на наявність важких металів [4, 5, 12].

Проведений аналіз дозволяє стверджувати: донні відклади характеризуються значними показниками кількості заліза (табл. 5) (протягом всього періоду дослідження), свинцю (2008 рік, до речі, це пов'язано із аномально високим вмістом цього елементу у річковій воді (див. табл. 4), прослідковується така тенденція: із збільшенням концентрації металу у воді збільшується його концентрація і в донних відкладах), марганцю (2001 р.), цинку (2002 р.); донні відклади накопичують високотоксичні важкі метали, такі як свинець, кадмій, кобальт, нікель, стронцій, ртуть, які являються небезпечними та мають техногенне походження.

Висновки. Встановлені високі показники мінералізації р. Сумки, високі концентрації, що перевищують ГДК по іонах амонію, нітрит-іонах, фосфатах, фторидах, важких металах, таким як свинець, цинк, нікель, ртуть, залізо та марганець як у річковій воді, так і у донних відкладах, свідчать про значне антропогенне навантаження на басейн річки. Аналіз результатів досліджень останніх років показав, що гідрохімічна ситуація в р. Сумка не покращилася, а по деяких показниках навіть погіршилася. Це дає підстави стверджувати про активність антропогенного навантаження на басейн річки і, як результат, незадовільний стан самої річки. Таким чином, погіршення екологічної

ситуації на водозборі річки призводить до негативного стану самої річки. Подальші дослідження будуть присвячені сучасній оцінці антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я та дослідженню гідрохімічного режиму річок.

Таблиця 5. Вміст важких металів у донних відкладах р. Сумки (гирло), мг/кг

Час відбору проби	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Pb</i>	<i>Co</i>	<i>Cd</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>	<i>Sr</i>	<i>Hg</i>
2000 р., осіння межень	120	43,1	210	22	95	14,2	0,79	21,2	72,0	122	0,19
2001р., зимова межень	356	59,0	250	50	110	18,45	1,00	40,7	76,0	145	0,07
2001р., весняна повінь	390	8,2	470	71	20	8,1	-	11,8	39,1	90	0,11
2001р., осіння межень	121	12,4	24	-	41,2	-	-	24	144,5	-	0,096
2002р., зимова межень	196	44,8	53,2	-	127	-	-	46,9	226	-	0,071
2008р., середнє за рік	292,2	10,3	52,2	-	252,2	16,4	-	29,8	-	-	-

Список літератури

1. Антипов А. Н. Ландшафтная гидрология: теория, методы, реализация / Антипов А. Н., Гагаринова О. В., Федоров В. Н. // География и природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 56-66.
2. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР // [ред. кол. : Першин П. Н., Алымов А. Н. и др.] – М. : ГУГК, 1978.– 184 с.
3. Комплексна гідрохімічна оцінка якості води річок Сумки і Стрілки / [М. М. Більченко, В. В. Бугаєнко, Г. Я. Касьяненко, С. В. Русаков] // Проблеми охорони і раціонального використання природних ресурсів Сумщини: Зб. наук. праць – Суми : СумДПІ ім. А.С.Макаренка, 1992. – С. 47 – 51.
4. Більченко М. М., Хімічний склад поверхневих вод басейну р. Сумка / Більченко М. М., Горбусенко В. А., Касьяненко Г. Я. // Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України : Зб. наук. праць за матеріалами Всеукр. наук.-практ. конф. (Суми, 14-16 лист. 2002 р.). – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2002. – С. 63–69.
5. Вакал Ю. С. Моніторинг якості поверхневих вод басейну річки Псел / Ю. С. Вакал, Г. Я. Касьяненко // Екологія і раціональне природокористування : Зб. наук. праць. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2008. – С. 159–165.
6. Водний і меліоративний фонди Сумської області : Довідник / Сумський облводгосп. – Суми, 2006. – 128 с.
7. Глушков В. Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований / В. Г. Глушков. – М. : Изд.-во АН СССР, 1961. – 416 с.
8. Данильченко О. С. Природні особливості формування стоку річок Сумського Придніпров'я / О. С. Данильченко, Б. М. Нешатаєв // Фізична географія та геоморфологія. – 2010. – Вип. 3(60). – С. 206–215.
9. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2010 р. — Суми : Еллада S, 2010. — 110 с.
10. Жекулин В. С. Введение в географию: Учебн. пособие / В. С. Жекулин. — Л. : Изд.-во Ленинградского ун-та, 1989. — 272 с.
11. Кадацкая О. В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов / О. В. Кадацкая. — Минск : Наука, 1987. — 135 с.
12. Касьяненко Г. Я. Хіміко-екологічна оцінка якості природних вод басейну річки Псел / Г. Я. Касьяненко // Природничі науки: Зб. наук. праць. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. – С. 245 – 253.
13. Коронкевич Н. И. Водный баланс русской равнины и его антропогенные изменения / Н. И. Коронкевич. — М. : Наука, 1990. — 203 с.
14. Субботин А. И. Ландшафтно-гидрологические исследования в бассейне реки Москвы / А. И. Субботин, В. С. Дыгало // Гидрологические исследования ландшафтов. — Новосибирск : Наука, 1986. — С. 30—38.
15. Тюленева В. А. Оценка антропогенных изменений в

бассейнах малых рек / В. А. Тюленева // Проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов Сумщины: Зб. наук. праць. – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2003. – С. 25 – 29. **16.** Тюленева В. О. Стан річок басейну Псла у межах Сумської області / В. О. Тюленева, В.І. Міщенко // Проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов Сумщины: Зб. наук. праць – Суми : СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 1992. – С. 38 – 42. **17.** Хільчевський В. К. Оцінка стоку хімічних речовин із застосуванням геосистемно-гідрохімічного методу / В. К. Хільчевський, С. В. Курило // Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя. — К. : ВПЦ «Київський університет». — 1999.— С. 99 — 106.

Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки)

Данильченко О.С.

Проаналізовано особливості природних та антропогенних умов формування стоку річки Сумки. Охарактеризовано гідрологічну та гідрохімічну ситуацію річки та встановлено взаємозв'язок між антропогенним навантаженням на басейн р. Сумка та гідрохімічною характеристикою річки.

Ключові слова: ландшафтно-екологічна ситуація; мала річка; гідрохімічна характеристика.

Река как индикатор ландшафтно-экологической ситуации (на примере р. Сумки)

Данильченко Е.С.

Проанализировано особенности природных и антропогенных условий формирования стока реки Сумки. Дано характеристику гидрологической и гидрохимической ситуации реки и установлена взаимосвязь между антропогенной нагрузкой на бассейн р. Сумки и гидрохимической характеристикой реки.

Ключевые слова: ландшафтно-экологическая ситуация; малая река; гидрохимическая характеристика.

River as indicator of landscape-ecological situation (by the example of river Sumka)

Danylchenko E.S.

Analyzed peculiarities of natural and anthropogenic forming conditions of the river Sumka flow. Characterized hydrological and hydrochemical situation of the river and ascertained the interrelation between anthropogenic burden on river Sumka basin and hydrochemical characteristic of the river.

Keywords: landscape-ecological situation; small river; hydrochemical characteristic/

Надійшла до редколегії 17.11.2011

ВИЙШЛИ З ДРУКУ

**ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БАСЕЙНУ ГОРИНІ В РАЙОНІ
ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ АЕС / В. К. Хільчевський, М. І. Ромась, О. В.
Чунарьов, В. В. Гребінь, І. О. Шевчук; за ред. В. К. Хільчевського – К. :
Ніка-Центр, 2011. – 176 с.**

У монографії досліджені питання динаміки елементів водно-теплового балансу басейну Горині (атмосферні опади, температура повітря, водний стік) впливу загальної господарської діяльності та Хмельницької АЕС на кількісні та якісні показники водних ресурсів р. Горинь.

ПОРЯДОК ПОДАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ ДО ПЕРІОДИЧНОГО НАУКОВОГО ЗБІРНИКА “ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ”

з урахуванням вимог нормативних документів ВАК України: Постанови ВАК України за №7-05/1 від 15 січня 2003 р., Наказу ВАК України №63 від 26 січня 2008 р. та Наказу ВАК України № 30 від 24 січня 2009 р.

Науковий збірник “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” запланований до чотирьох випусків на рік. Він є міжвідомчим, готується до видання на базі кафедри гідрології та гідроекології та науково-дослідної лабораторії гідроекології та гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, а також Комісії з гідрології та гідроекології Українського географічного товариства. Постановою Президії ВАК України № 1-01/10 від 13 грудня 2000 р. він включений до переліку фахових періодичних наукових видань за спеціальностями “Географічні науки”.

Наукова тематика збірника визначена його назвою і є досить широкою. Вона охоплює насамперед такі питання: теоретичні та експериментальні гідрологічні, гідрохімічні та гідроекологічні дослідження водних об’єктів; оцінка впливу господарської діяльності на гідрологічний і гідрохімічний режим та якість природних вод; аналіз катастрофічних гідрологічних явищ на водних об’єктах, методи їх прогнозування та попередження; раціональне використання та охорона водних ресурсів, якість питної води; водні меліорації; моніторинг забруднення природних вод; методи спостережень, методи хімічного аналізу природних вод, гідробіологічні аспекти стану природних вод; географічні аспекти гідрологічних досліджень.

Редакційна колегія приймає матеріали та інформацію про діяльність відомих вчених в області гідрології, гідрохімії та гідроекології, які будуть присвячені їх ювілейним датам, матеріали про фахові конференції, що відбулися в Україні і за рубежом, анотації монографій і навчально-методичних видань.

Редакційна колегія просить звернути увагу авторів статей на Постанову ВАК України “Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України” за №7-05/1 від 15 січня 2003 р. Зокрема, на пункти 3 і 4 цієї Постанови:

“3. Редакційним колегіям організувати належне рецензування та ретельний відбір статей до друку. Зобов’язати їх приймати до друку у виданнях, що виходитимуть у 2003 році та у подальші роки, лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: *постановка проблеми у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв’язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.*

4. Спеціалізованим ученим радам при прийомі до захисту дисертаційних робіт *зарахувати статті, подані до друку, починаючи з лютого 2003 р., як фахові лише за умови дотримання вимог до них, викладених у п.3 даної постанови”.*

Відповідно до постанови ВАК України статті повинні мати такі чітко означені в тексті структурні елементи:

Вступ (*постановка проблеми у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими чи практичними завданнями*);

Вихідні передумови (*аналіз останніх досліджень і публікацій*);

Формулювання цілей статті, постановка завдання;

Виклад основного матеріалу дослідження з *повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів*;

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому науковому напрямі;

Список літератури (7-10 джерел, в т.ч. інтернет-джерел, оформлених згідно з ДСТУ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації...»). Посилання на джерела у тексті подаються у квадратних дужках із зазначенням порядкового номера і використаних сторінок.

Мова публікацій – українська. Можуть бути статті російською та іншими іноземними мовами. Текст повинен бути відредагованим і оформленим без помилок.

Для одноосібних статей, поданих студентами, аспірантами, здобувачами обов'язковим є відгук наукового керівника.

Автори несуть повну відповідальність за зміст і достовірність викладених у статті матеріалів. Редколегія залишає за собою право відхилення статей, що не відповідають вимогам до наукових публікацій або у разі негативних рецензій.

Статті обсягом **5-10 сторінок** (разом із резюме, таблицями, рисунками (рисунок чорно-білі) та списком літератури) необхідно надсилати на адресу редколегії на електронному носії (з назвою файлу – прізвище автора латинськими літерами), а також у роздрукованому вигляді у 2-х примірниках (для рецензування), один – із підписами авторів; другий – копія першого без підпису. Шрифт New Roman - 14, Word 6-8. Поля: верхнє, нижнє, ліве – 2 см; праве – 1 см, інтервал – 1, абзац – 3 знаки.

Подані до збірника рукописи, обсягом **менше 5 сторінок**, а також ті, що не мають відповідної рубрикації, будуть розмішуватись у розділі "**Наукові повідомлення**".

Необхідно мати на увазі, що одиниці вимірювання величин і характеристик у статтях треба наводити згідно системи СІ. Зокрема, концентрацію хімічних компонентів у воді – в мг/дм^3 (а не в мг/л).

До тексту статті додаються **3 анотації** – українською, російською і англійською мовами за схемою: 1) назва статті, прізвище та ініціали автора; 2) короткий текст анотації; 3) ключові слова (до 5 слів, розділених крапкою з комою).

Крім того, до статті додаються відомості про авторів згідно зразка:

Прізвище, ім'я, по батькові;

Науковий ступінь та вчене звання;

Місце роботи;

Посада;

Службова адреса;

Контактний телефон, E-mail.

Зразок оформлення статті (обов'язково ставити УДК, дотримуватися виділення шрифту і абзаців):

УДК 551.49 (кегель 14)

Петренко М.І. (кегель 14, напівжирний, нахилений)

Інститут гідробіології НАН України, м.Київ (кегель 14, нахилений)

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНУ ДНІПРА (кегель 14, напівжирний)

Через інтервал – **Ключові слова:** не більше 5 слів (кегель 12, нахилений)

Далі через інтервал починається текст статті. Після нього через інтервал підзаголовок "**Список літератури**" (кегель 12, напівжирний), а потім власне список за його наявності. Список літератури має бути оформлений згідно вимог ДСТУ ГОСТ 7.1-2006 та вимог ВАК України («Бюлетень ВАК України , № 3 від 2008).

Після "Списку літератури" через інтервал – анотації українською, російською і англійською мовами: назва статті, прізвище та ініціали автора, короткий текст анотації, ключові слова.

Наукове видання

ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОХІМІЯ І ГІДРОЕКОЛОГІЯ

Науковий збірник

2011 рік

Том 4(25)

Збережено авторський стиль та орфографію

Комп'ютерна верстка – **Є. Цвелих**

Підписано до друку 07.12.2011

Формат 60х90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк різнограф.

Ум. др. арк. 11,3. Обл.-вид. арк. 11,5.

Наклад 300 прим. Зам. № 49-011



Видавництво географічної літератури “Обрії”

Свідоцтво Держкомінформ України

ДК № 23 від 30.03.2000 р.

Київ, вул. Старокиївська, 10

Тел.: (096) 882-30-30

e-mail: vgl_obrii@ukr.net